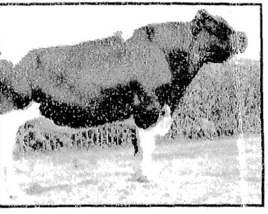
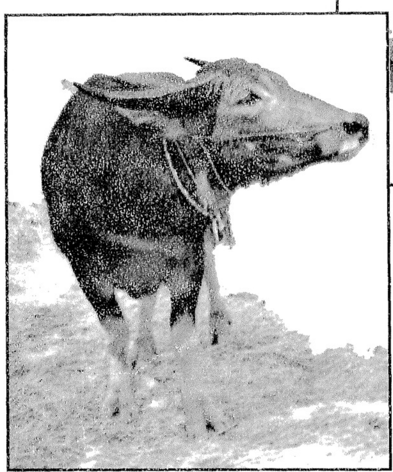
فيولوجيا حيوانات المزرعة





دكتور
جمال الدين عبد الرحيم
أستاذ الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية



الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزى وشركاه

فسيولوجيا حيوانات المزرعة

دكتـور
جمـال الدين عبد الرحـيم
أستاذ الإنتـاج الحيـواني - كلية الزراعة
جامعـة الإسكندرية

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية
جلال حزى وشركاه

١٩٩٢

بسـم الله الرحـمـن الرحـيـم

« إقـرأ بإسـم ربـك الـذي خـلـق * خـلـق الانسـان من عـلـق * إقـرأ وربـك الأكـرم *
* الـذي عـلـم بالقـلـم * عـلـم الانسـان مالـم يعـلـم »

صـدق الله العظـيـم

بســـم الله الرحمــن الرحــيم

مقدمـــــــة

علم فسيولوجيا الحيوان يدرس مظاهر النشاط الحيوي للحيوانات وما يصاحب هذه المظاهر من تغيرات كيماوية وطبيعية . ويقوم بالوظائف الفسيولوجية أعضاء الجسم المختلفة . وقد يتكون العضو من خلية واحدة كالغدد وحيدة الخلية التي تفرز حامض الأيدروكلوريك بالمعدة ، غير أن أغلب الأعضاء تتكون من عدد كبير من الخلايا المتشابهة أو المختلفة أو من عدد من الأنسجة المختلفة . وتكون الأعضاء مع بعضها ما يعرف بالأجهزة . وتركيب عضو مايناسب الوظيفة التي يقوم بها . وهناك تآذر بين الوظائف المختلفة التي تقوم بها الأعضاء المختلفة للجهاز الواحد ، كما أن هناك تآذر بين نشاط الأجهزة المختلفة في حيوان ما . ويتم هذا التآذر بواسطة الجهاز العصبي والهرمونات . ونتيجة لتآذر الأجهزة المختلفة يعمل جسم الحيوان كوحدة واحدة .

وسنتناول في هذا الكتاب عرض للأجهزة المختلفة بجسم الحيوان وذلك من الناحية التركيبية والوظيفية ، حيث ترتبط وظيفة العضو بتركيبه التشريحي العام والدقيق . ومما لا شك فيه أن معرفة وظيفة أعضاء الجسم يعتبر ضرورياً لتفهم طبيعة إنتاج الحيوان من لحم ولبن وصوف وتناسل وما يؤثر على هذه العمليات من عوامل وراثية أو بيئية . وبهذا يكون الكتاب مفيداً لدارس علوم الإنتاج الحيواني والطب البيطري والحيوان العام وكذلك للمشتغلين بتربية وتحسين الحيوانات المزرعية .

والله نسأل أن يحقق هذا العمل الهدف الذي قصدنا إليه . كما أننا نتوقع أن يوجه إليه نقد متعدد الأوجه ، فما ادعينا قط أنه عمل يرقى لمرتبة الكمال . وبذلك فإننا نرحب بكل نقد راجين من الله العلي القدير أن يكفل لنا في المستقبل الفرصة لسد أوجه النقص المختلفة .

ولا يفوتنا أن نتقدم بجزيل الشكر والامتنان للأساتذة الأجلاء اللذين تعلمنا على أيديهم والآخوة والزملاء اللذين ساعدونا في إتمام هذا العمل بإمدادنا بعدد وفير من المراجع وكذلك اللذين تفضلوا مشكورين بمراجعة أصول هذا الكتاب ونخص بالذكر الأساتذة الدكاترة محمد حلمي سالم، عادل حسن، فرحات النوتي، زهراء أبو العز، ممدوح سمك، نبيل عبد العزيز وأحمد زكي فتح الباب أساتذة الإنتاج الحيواني بكلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.

ونرجو من الله العلي القدير التوفيق والسداد .

الفصل الأول

الخليـــة الحيوانيـــة

Animal cell

يتركب جسم الكائن الحي من مجموعة أجهزة Systems تؤدي وظائف الحياة المختلفة مستقلة من ناحية ومتضامنة مع بعضها من ناحية أخرى . وكل جهاز يتكون من أعضاء خاصة مكونة من أنسجة Tissues مختلفة مركبة من وحدات دقيقة لا ترى إلا بالمجهر وأصغر تلك الوحدات هي الخلية The cell .

ولم يكن ممكناً دراسة التركيب الدقيق للكائنات الحية قبل اكتشاف المجهر عام ١٥٩٠م بواسطة جانسن Jansen . ولقد استطاع الانجليزي روبرت هوك Robert Hooke عام ١٦٦٥م أن يميز في قطعة من الفللين عدداً من الغرف الصغيرة أطلق عليها اسم خلايا cells التي أخذت عن كلمة لاتينية هي cella وتعنى الحجرة الصغيرة . وفي عام ١٨٣٩م وضع العلماء الألمان وخاصة عالم النبات شليدين Schleiden وعالم الحيوان شوان Schwann نظرية تكوين الكائنات الحية من خلايا .

وبدراسة الخلية اتضح أنها بالإضافة لكونها وحدة تركيبية فإنها وحدة فسيولوجية أيضاً . أي تقوم بجميع الوظائف التي تميز الكائن الحي فهي تتغذى وتتحرك وتنمو وتتنفس وتخرج وتنفعل وتتكاثر وإن كان بعض الخلايا يفقد إحدى هذه الوظائف . فالخلايا العصبية والعضلية لا تتكاثر في الفقاريات . فكأن جسم الكائن الحي يستمد تركيبه ووظائفه من مجموع تلك الوحدات التركيبية والوظيفية وهي تتعاون لكي يستطيع الجسم أن يؤدي وظائفه كوحدة .

شكل وحجم الخليـة Shape and size :

شكل الخلية الحيوانية مختلف ومتغير كثيراً فبرغم أنها غالباً ما تكون كروية ولكن قد تكون متعددة الزوايا ، أنبوبية ، مكعبة ، اسطوانية ، بيضاوية ، مستديرة أو متطاولة . وفي بعض الخلايا قد يوجد هدب أو زيل . وشكل الخلية يختلف من عضو للآخر . وحتى خلايا العضو الواحد قد تكون مختلفة الأشكال بما يخدم وظيفة العضو . وهذا الاختلاف في الشكل يرجع لغشاء الخلية أو لاتصالها بخلايا أخرى مجاورة ، بالإضافة إلى أن البيئة الداخلية أو الخارجية تؤثر على شكل الخلية .

حجم الخلايا الحيوانية غالباً ما يكون ميكروسكوبي ويتراوح بين ١٠ - ١٠٠ ميكرون . ولكن قد يقل عن ذلك ويكون نحو ٧ر٥ ميكرون كما في خلايا الدم الحمراء بالإنسان وقد يزيد فيبلغ ٣٠ مم كما في بيضة الدجاجة أو ١٧٥ مم كما في بيضة النعامة . وتوجد علاقة بين سطح الخلايا وحجمها فكلما زاد حجم الخلايا قلت قدرة جدرها على توصيل المواد الغذائية إلى المركز وعلى إخراج مخلفات عملية التمثيل للخارج . لذلك تحافظ الخلية على حجمها بطريقة ذاتية .

تركيب الخلية ووظيفة مكوناتها Structure and Function :

تتركب الخلية من غشاء خارجي cell membrane يحيط بالسيتوبلازم cytoplasm والنواه Nucleus . وبالسيتوبلازم توجد مواد حية وغير حية كثيرة (شكل ١-١) .

(أ) غشــاء الخليــة cell membrane :

يحيط بالمحتويات الخلوية غشاء بلازمي يلعب دوراً هاماً في المحافظة على حياة الخلية وحمايتها من المؤثرات الخارجية فضلاً عن إعطائها الشكل المميز ووصلها بالخلايا المجاورة . ويظهر الغشاء كخطين منفصلين سمك كل منهم ٢٥ انجستروم يفصلهما فراغ أكثر قليلاً في السُمك .

ويتكون غشاء الخلية كيماوياً من الدهون والبروتينات والماء . الدهون توجد في صورة فسفولبيدات وكوليسترول وتشكل الفسفولبيدات نحو ٥٥ - ٧٥٪ من جملة الدهون المكونة للغشاء حيث توجد في صورة ليسيسين وسفالين . وتترتب الدهون في صورة طبقتين من الفسفولبيدات، الأطراف الحرة للأحماض الدهنية المكونة لها تتجه لبعضها البعض بينما الجلسرين ومجموعة الفوسفات يتجها إلى الخارج (شكل ١-١). ويتحد كل جزئي من الفسفولبيدات مع جزئي الكوليسترول الذي يعتقد بأنه عامل مساعد في ربط هذه الجزيئات ببعضها وملء الفراغات بينها . ووجود الفسفولبيدات بغشاء الخلية يمكن أن يكون له دور هام في إنتاج الطاقة اللازمة للانتقال النشط للمواد عبر غشاء الخلية وضد منحنى التركيز . ويحيط بطبقتي الفسفولبيدات طبقتين من البروتين أحدهما على السطح الداخلي والآخر على السطح الخارجي لغشاء الخلية . وقد يكون جزء من هذا البروتين في صورة أنزيمات . ويعزي للبروتين خاصية مرونة وثبات غشاء الخلية . وهناك احتمال بوجود كربوئدرات مع الجزء البروتيني .

يتخلل غشاء الخلية ثغور يتراوح قطرها بين ٧-١٠ انجستروم. وهي تلعب دوراً هاماً

في مرور المواد خلالها من وإلى الخلية وخاصة في حالة الانتقال بطريقة الأسموزية وذلك للمواد التي يقل قطر جزيئاتها عن قطر الثغرة . ويبدو أن الثغرة تشبه القناة المتعرجة الواصلة بين السطح الداخلي والخارجي للغشاء .

وقد يوجد على سطح الخلية خملات أو أهداب Villi وهذه تساعد في زيادة سطح الغشاء البلازمي وبالتالي تساعد على مرور المواد خلاله إما بالامتصاص أو الإخراج كما هو الحال في بعض أسطح القناة الهضمية . كذلك قد توجد أهداب متحركة Cilia تكون عبارة عن امتدادات لسطح الخلية وهي توجد في الخلايا الطلائية المبطنة للقصبة الهوائية والجهاز التناسلي . ويحمل الغشاء البلازمي للخلية شحنة كهربائية موجبة على السطح الخارجي وشحنة سالبة على السطح الداخلي . كما أن ثغور الخلية تحمل جدرها شحنات كهربائية بعضها موجبة والأخرى سالبة .

غشاء الخلية له قدرة على اختيار المواد التي تمر خلاله . فهو يميز بين أيونات الصوديوم والبوتاسيوم رغم تشابه جزيئات العنصرين في الحجم الجزيئي والشحنة الكهربائية . فهو يسمح للأيونات البوتاسيوم بالمرور لداخل الخلية بينما يعترض سبيل أيونات الصوديوم رغم ارتفاع تركيز أيونات البوتاسيوم بداخل الخلية وانخفاض تركيز الصوديوم ، مما دعا للاعتقاد بأن عملية مرور تلك الأيونات أكثر من أن يكون مجرد نفازية Permeability بل هي عملية تخضع لنشاط حيوي خاص بالخلية سمي بالنقل النشط Active transport للاعتمادة على الطاقة . المواد كبيرة الحجم يمكنها الدخول في بعض الخلايا بواسطة عملية بلع ميكانيكية Pinocytosis حيث يتقعر غشاء الخلية للداخل مكوناً شكل قناة تنجرف لداخلها المادة كبيرة الحجم ثم تغلق فوهة الأنبوبة محاصرة تلك المادة ، ويلتحم الغشاء الخارجي مخلفاً داخله المادة المبلوعة داخل سيتوبلازم الخلية .

(ب) السـيتوبلازم Cytoplasm :

السيتوبلازم عبارة عن مادة معقدة غير متجانسة التركيب تشغل المساحة بين غشاء الخلية والنواه . ويتكون أساساً من وسط مائي أو محلول غروي يتكون من مواد غير عضوية مثل الماء وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم والفوسفات والمعادن الأخرى ومركبات عضوية مثل الأنزيمات ، الهرمونات ، الأحماض الأمينية ، الأحماض النووية والموادالغنية بالطاقة ATP . كما قد تحتوي بعض الخلايا على مواد أخرى مثل الهيموجلوبين ، حبيبات النشا ، الأصباغ ، الدهون والمواد الإفرازية . وفي السيتوبلازم تنتشر أيضاً جسيمات عديدة لها وظائف هامة مثل الشبكة الأندوبلازمية ، الريبوسومات ، أجسام جولجي ، اليسوسومات ، الميتوكوندريا ، السنتروسوم

والكينيتوسوم . وتقوم هذه الأجسام بدور رئيسي في حياة الخلية يمكن تلخيصها في الآتي :

١ - الشبكة الأندوبلازمية Endoplasmic reticulum : عبارة عن مجموعة متداخلة من الأنابيب والقنوات تمتد داخل السيتوبلازم وتتصل ببعضها في بعض المناطق وتنفصل في مناطق أخرى . وتتكون جدرها من أغشية بلازمية تشبه غشاء الخلية . وهي تتصل بغشاء النواه وغشاء الخلية . وتنقسم تلك الأنابيب إلى نوعين الأول منهم هو الشبكة الخشنة rough endoplasmic reticulum ويوجد عليها حبيبات يتراوح قطرها بين ١٠٠ - ١٥٠ انجستروم وتكون ملتصقة على السطح الخارجي لتلك القنوات . وقد توجد تلك الحبيبات في صورة حرة عائمة في السيتوبلازم خاصة بالخلايا النامية . وتسمى هذه الحبيبات بالريبوسومات Ribosomes حيث أنها غنية بالحامض النووي الريبوزي RNA وهي المكان المتخصص في تخليق البروتينات ولذلك نجد أنها تكثر بالخلايا المتخصصة في إنتاج البروتين مثل الكبد والبنكرياس . النوع الثاني هو الشبكة الناعمة Smooth endoplasmic reticulum . وهي خالية من الحبيبات الريبوسومية وغالباً ما تكون متصلة بالجزء الخارجي من غشاء النواه وأحياناً بغشاء الخلية حيث تشابهما في التركيب . وفي بعض الخلايا يبدوا أنها تتصل بجهاز جولجي أو ترتبط مع الميتوكوندريا .

وتقوم الشبكة الأندوبلازمية بالإضافة لدورها في تخليق البروتينات والجليكوجين بتوصيل النبضات الكهربائية الناجمة عن تغير تركيز كلا من الصوديوم والبوتاسيوم كما هو الحال بالخلايا العضلية والعصبية . ويعتقد بأن الشبكة الأندوبلازمية تقوم بتوصيل المواد من الغشاء الخلوي لغشاء النواه والعكس وذلك لتسهيل خروج نواتج الهدم التمثيلي من مركز الخلية للخارج .

٢ - جهاز جولجي Golgi apparatus : عبارة عن مجموعة من الأنابيب المتداخلة تشبه في الشكل الخارجي الشبكة الأندوبلازمية غير أنه خالي من الحبيبات الريبوسومية . وهو يتركز بالقرب من النواه خاصة في الخلايا الغدية . جدر جهاز جولجي سميكة ويبلغ سمكها نحو ٢٠٠ انجستروم وتحتوي على قدر أعلى من الليبيدات .

ويقوم هذا الجهاز بتخزين وإفراز المواد الخلوية (الجليكوبروتينات ، السكريات العديدة المخاطية ، الأنزيمات والهرمونات) ولذلك يوجد أحياناً متضخم نتيجة لتخزين تلك المواد .

٣ – اليسوسومات Lysosomes : عبارة عن أجسام كروية يحيط بها غشاء بلازمي ويتراوح قطرها بين ٢٥ر٠ – ٨٠ر٠ ميكرون . وتحتوي على أنزيمات محللة توجد ملتصقة بالجدار ولا تخرج من اليسوسوم إلا بعد تهشم غشاؤه . ويعتقد بأن اليسوسوم ما هو إلا جهاز الهضم الخلوي للجزيئات الكبيرة الحجم مثل الدهون والبروتينات والكربوئدرات التي تبتلعها الخلية وتحولها لمركبات دقيقة يمكن أكسدتها بواسطة أنزيمات الميتوكوندريا لإنتاج الطاقة . ويقوم اليسوسوم بحماية الخلية من فعل الأنزيمات المحللة حيث يحجز أنزيمات الهضم عن باقي مكونات السيتوبلازم . وجرح هذا الجدار يؤدي لخروج تلك الأنزيمات وامتزاجها مع مكونات السيتوبلازم مما يؤدي لتحلل الخلية .

٤ – الميتوكوندريا Mitochondria : عبارة عن أجسام اسطوانية أو قصيبية الشكل يتراوح قطرها بين ٥ر٠ – ١ ميكرون وطولها يبلغ ٥ر٠ – ٧ ميكرون . ويختلف عددها من خلية لأخرى وفي خلايا الكبد وجد أنها تحتوي ٢٥٠٠ ميتوكوندريا بكل خلية . ولليمتوكوندريا جدارين يشبها غشاء الخلية ويبلغ سمك الداخلي منهم ٦٠ – ٨٠ انجستروم ويمتد للداخل مكوناً صفائح أو عوارض Crests مزدوجة الجدار ومتداخلة مع بعضها في الترتيب (شكل ١–١) . وهذا يزيد السطح الداخلي المنتج للطاقة . الجدار الخارجي مكون من طبقة سمكها ٦٠ انجستروم وتنفصل عن الجدار الخارجي بفراغ .

تتكون الميتوكوندريا كيماوياً من البروتينات والدهون والفسفولبيدات والأحماض الأمينية والبروتينات النووية (غالباً ما تكون RNA وقليل من DNA) . والميتوكوندريا تعد مركز الأكسدة بالخلية وتكوين المركبات الغنية بالطاقة مثل الـ ATP ، حيث أنها تحوي الأنزيمات اللازمة للأكسدة والفسفرة والمرتبطة بإنتاج الطاقة .

٥ – الجسم المركزي Centrosomes : تحتوي الخلية على السنتروسومات أو السنتريولات Centrioles وهي عبارة عن جسمين ليفيين مغلفين يقعا بالقرب من النواه . ويبلغ قطر كل منهم ٢ر ميكرون ويقوما بدور هام في عملية انقسام الخلية حيث يعملا كأجسام مستقطبة تساعد في فصل الكروموسومات .

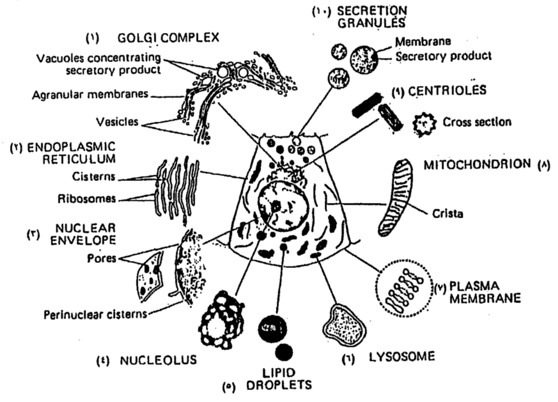
٦ – الكينيتوسومات Kinetosomes : الكينيتوسومات أو الحبيبات القاعدية Basal granules توجد في الخلايا ذات الأهداب Cilia أو الأسواط Flagella . وهي عبارة عن جزيئات صغيرة قد تحتوي على الـ DNA والـ RNA وتتصل بقواعد الأهداب

أو الأسواط ومنغمسة بالسيتوبلازم ويخرج منها ليفات دقيقة تمتد داخل الهدب المتحرك . ويبلغ عددها نحو ١١ ليفة (٢ مركزيان وتسعة مرتبة بشكل دائري حولهما) . وتقوم هذه الألياف بوظيفة مشابهة للألياف العضلية حيث تعمل على انقباض وانبساط حركة الأهداب .

(جـ) النـــواه Nucleus :

النواه عبارة عن جسم كروي أو بيضاوي الشكل يوجد بداخل السيتوبلازم في وسط الخلية . وهي تحوي المادة الوراثية بالخلية وكذلك تنظم أنشطة الخلية مثل تخليق البروتين ونمو وتكاثر الخلايا .

ويغلف النواه جدار مزدوج يشبه الغشاء البلازمي ويوجد بين طبقتي الجدار مسافة سمكها ١٠٠ - ١٥٠ انجستروم . وتوجد فتحات أو ثغور بالطبقة الخارجية يبلغ قطرها ١٠٠ انجستروم تفتح جهة السيتوبلازم . وتسهل هذه الثغور حركة الجزيئات كبيرة الحجم لكلا الاتجاهين . وتتصل الطبقة الخارجية للجدار بالشبكة الأندوبلازمية مما يوحي بأن



شكل ١-١ : رسم توضيحي للخلية الحيوانية النموذجية ومكوناتها . (عن جانونج) .

(١) جهاز جولجي (٢) الشبكة الأندوبلازميه (٣) غشاء النواه (٤) النوية (٥) قطرات الدهن (٦) الليسوسوم (٧) الغشاء البلازمي (٨) الميتوكوندريا (٩) السنتريول (١٠) حبيبات افرازية

جدار النواه قد يساهم في تكوين الشبكة الآندوبلازمية . كما آن السوائل خارج الخلية تمر خلال الشبكة الأندوبلازمية وتحيط بالنواه في الفراغ الموجود بين جداري غشائها مما يسهل للنواه الاتصال الخارجي .

ويوجد داخل النواه الكروموسومات Chromosomes التي تتكون أساساً من مادة الحامض النووي الديكس ريبوز التي تعد المادة الحاملة للصفات الوراثية والتي يبلغ عددها في الإنسان ٤٨ وفي الدجاج ١٨ وفي الكلاب ٧٨ . وعند بدء انقسام الخلية تترتب هذه الكروموسومات في شكل خيوط كروماتينية Chromatin . كما يوجد داخل النواه نوية Nucleolus وقد توجد نويتان وهي أجسام كروية ممتلئة بحبيبات تشبه الريبوسومات ووجد أنها غنية بالحامض النووي الريبوزي .

وتسيطر النواه على نقل الصفات الوراثية للكائن الحي وكذلك على كثير من نواحي التحول الغذائي ، فإذا أزيلت من الخلية ماتت هذه في وقت قصير . كما أن النواه المعزولة لا تستطيع تكوين السيتوبلازم فتموت بدورها .

وظـائف الخليـــة Cell functions :

تقوم خلايا الجسم بوظائف عديدة . وقد تقوم خلية ما بواحد أو أكثر من هذه الوظائف اعتماداً على موقعها وعلى تركيبها . وأهم الوظائف التي تقوم بها الخلايا : ١ – الإفراز ، ٢ – الامتصاص ، ٣ – النفاذية ، ٤ – الابتلاع ، ٥ – التخزين والحمل ، ٦ – الحماية ، ٧ – الدعم ، ٨ – الحركة ، ٩ – الانقباض ، ١٠ – التوصيل و ١١ – الإحساس بالضوء .

١ – الإفـراز Secretion : الإفراز عبارة عن تحرر مادة جديدة من الخلية . وقد يتم الإفراز من خلايا وحيدة أو خلايا متجمعة في صورة غدة . الغدد الإفرازية قد تكون خارجية الإفراز Exocrine أو داخلية الإفراز Endocrine . النوع الأول يحرر إفرازاته عبر قناة إلى سطح أو لتجويف عضو في الجسم (مثل مرور إفرازات الغدد اللعابية إلى تجويف الفم أو مرور عصارات البنكرياس إلى الأمعاء الدقيقة) . وإفراز هذه الغدد قد يكون مادة بسيطة كحامض الأيدروكلوريك الذي تفرزه الخلايا الجدارية Parietal cells بالمعدة ، أو قد يكون مادة معقدة مثل البروتينات (الأنزيمات) التي تفرزها خلايا العيون البنكرياسية أو الأمعاء . النوع الآخر من الغدد هو الغدد الصماء فيفرز رسل كيماوية أو هرمونات Hormones تمر من الغدة للدم الذي يوصلها لموضع التأثير . وهذه الهرمونات مختلفة التركيب

والفعل وتفرز من غدد عديدة مثل النخامية ، الدرقية ، الأدرينال والغدد الجنسية وغيرها ، وتتم عملية الإفراز عن طريق إحاطة الحبيبات المفرزة بجزء من غشاء الخلية وانفصاله بدون تهشم الخلية Merocrine .

٢ – الامتصـــاص Absorption : الامتصاص يحدث في الأمعاء والقنيات البولية بالكلية وعقب هضم المواد الغذائية بواسطة الأنزيمات المحللة التي توجد بتجويف الأمعاء . فمثلاً الدهون تتحلل لأحماض دهنية وجلسريدات أحادية والبروتينات تتحلل للأحماض أمينية ، تمر هذه المواد عن طريق الانتقال النشط عبر غشاء الخلية ومنه إلى الأوعية الليمفاوية .

أما في القنيات البولية فيحدث إعادة لامتصاص كثير من المواد مثل الماء والجلوكوز والصوديوم حتى لا تفقد في البول . وهذا يتم عن طريق النقل النشط بمساعدة أنزيم الأدينوزين ثلاثي الفوسفاتيز ATP – ase .

٣ – النفـــازية Permeability : المرور السريع للمواد الغذائية ولنواتج عملية التمثيل الغذائي لداخل أو خارج الخلية له أهمية كبيرة . ويحكم معدل مرور المواد عبر الخلية سمكها ونفازية أغشيتها . وفي الشعيرات الدموية بالرئة والكلية فإن عائق المرور يقل لادني حد بصغر قطر الخلية . النفازية قد تتم بواسطة الرشح الناجم عن وجود ثغور pores بغشاء الخلية أو لوجود طاقات Fenestre أو بواسطة النفازية الاختيارية .

٤ – الإبتـــلاع Phagocytosis : بعض الخلايا لها القدرة على التهام بعض المواد وهضمها داخل السيتوبلازم بمساعدة أنزيمات محللة خاصة . هذه الخلايا مثل خلايا الدم البيضاء وخلايا الجهاز البطاني الشبكي تتميز بوفرة محتواها من الليسوسومات التى تضم الأنزيمات المحللة للأجسام الغريبة كالبكتريا وخلايا الجسم الميتة وغيرها وبذلك فهي تعمل على حفظ الدورة الدموية خالية من الأجسام الغريبة وتشكل نظاماً دفاعياً ضد الأمراض والالتهابات .

٥ – الحمـــل والتخزين Carriage and storage : بعض الخلايا تتخصص في تخزين ونقل المواد إلى أماكن خاصة بالجسم ولتقوم بأغراض خاصة . وفي مثل هذه الخلايا قد تظل المواد المخزنة محتفظة بتركيبها ومظهرها الخاص ، وأحياناً ينعكس تركيب المواد المخزنة والنشاط التمثيلي للخلية على تركيب عضياتها السيتوبلازمية . ومن هذه الخلايا كرات الدم الحمراء التي تنقل الأكسجين من الرئة لأنسجة الجسم في حين تنقل ثاني أكسيد الكربون من أنسجة الجسم للرئة

بمساعدة الهيموجلوبين . كذلك فإن خلايا الأنسجة الدهنية تخزن الدهن ليس فقط بغرض فائدته كعازل ولكن أيضاً كمصدر للطاقة .

٦ – الحمـــاية Protection : تقوم خلايا الجلد بوظيفة حماية الجسم من الأضرار الخارجية المختلفة ، فغيابه أو تلفه كما يحدث عند التعرض للحرق يتبعه أثار مميتة . كما أن الجلد يحمي الجسم من خطر فقد السوائل والبروتينات من الأنسجة العميقة عن طريق استمرار إعادة تجديد طبقاته وكذلك تجميع الكيراتين Keratin في خلاياه .

٧ – الدعــم Support : تقوم الأنسجة الضامة (الخلايا ونواتجها) بالجسم بوظيفة ميكانيكية . ففي هذه الأنسجة تكون نسبة الخلايا قليلة في حين أن المواد بين الخلايا والألياف تكون غالبة . صفة المطاطية للأنسجة الضامة تعزي لوجود ألياف تكونها خلايا الأنسجة الضامة في المادة البينخلوية . وهذا عكس الأنسجة الطلائية التي تكون فيها الخلايا هي الوحدة الفعالة وظيفياً وبذلك تصبح هي الغالبة في تركيب الأنسجة . وفي الأنسجة الضامة الرخوة لا يكون للمادة البينخلوية تركيب معين في حين أنه في العظام والغضاريف تكون جامدة ولها وظيفة ميكانيكية .

٨ – الحركـــة Movement : بعض الخلايا لها قدرة على الحركة . فالأميبا تتحرك بواسطة عمل أقدام أو نتوءات خارجة من جسمها تجاه الهدف المرغوب . شكل هذا الحيوان يتغير نتيجة لحركة الجزيئات بالسيتوبلازم . وعلى العكس فالبراميسيوم يحتفظ بشكل جسمه ثابت نسبياً ويتحرك بمساعدة أهداب Cilia تخرج من الجسم وهذه الحركة تنتج أيضاً من حركة الجزيئات .

وفي الحيوانات المتطورة فإن الخلايا المهدبة توجد في أماكن خاصة حيث يكون فعلها مفيدا . مثل الخلايا الطلائية لسطح القصبة الهوائية ، الشعب الهوائية والممرات الأنفية حيث تسهل الأهداب تخلص هواء التنفس من الشوائب . كما أن بعض الخلايا مثل الحيوان المنوي لها ذيل Tail يتركب من عدة ليفات Filament ويعمل على تسهيل حركة الحيوان المنوي خلال القناة التناسلية الأنثوية . وتعتبر العضلات وحدة حركة الحيوان وتتركب من مجموعة من الخلايا العضلية المترتبة في شلك ليفات رقيقة تشكل نسيجاً يقوم بحركة الحيوان . وتحتاج الحركة لمصدر طاقة غالباً ما يكون الأدينوزين ثلاثي الفوسفات .

٩ – الانقبــاض Contraction : تقوم بعض الخلايا بوظيفة الانقباض والانبساط مثل

الخلايا العضلية التي تتكون من ليفات تقصر وتطول لتلائم انقباض العضلات .
كما أن الخلايا الطلائية العضلية Myoepithelial cells كتلك الموجودة بحويصلات اللبن بالضرع تنقبض وتنبسط مما يسهل عملية طرد اللبن عند الرضاعة أو الحليب .

١٠- التوصيل Communication : تقوم الخلايا العصبية بتوصيل الاحساسات أو المثيرات من أماكن الاستقبال إلى مكان الاستجابة عن طريق تغير طبيعي كيماوي يسمى الإشارة العصبية التي تنتقل على زوائد الخلية .

١١- الإحساس بالضوء Photoreception : يعتبر الضوء هو الوسيلة التي تستخدمها الحيوانات للحصول على معلوماتها عن البيئة المحيطة عن طريق مستقبلات الضوء بالعين . ومستقبلات الضوء بالعين هي العصى Rods والمخاريط Cones التي تقوم بتحويل طاقة الضوء إلى تغير كيماوي ينتج عنه إشارة عصبية تذهب للدماغ .

الفصل الثاني

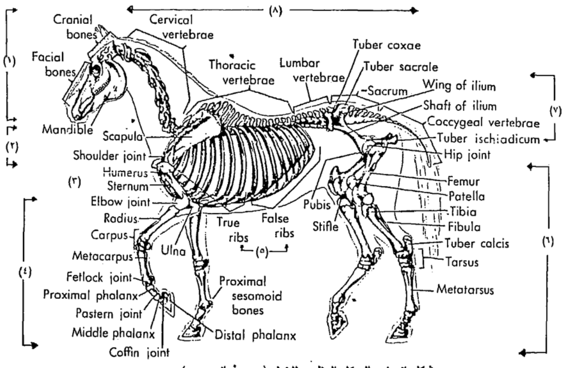
الجهاز الهيكلي

The Skeltal System

الجهاز الهيكلي أو الهيكل العظمي Skeleton هو دعامة الأجزاء الرخوة من الجسم . ويتكون أساساً من العظام التي تتصل بها العضلات ، وهذه يتم عن طريقها انقباض وانبساط هذا الهيكل وتكون مع الهيكل العظمي الجهاز الحركي . بالإضافة لهذا فإن الهيكل العظمي يحمي كثيراً من الأعضاء الرقيقة مثل المخ والحبل الشوكي وأعضاء الحس والقلب والرئتين .

تركيب الهيكل العظمى في الثدييات Plan of skeleton :

ينقسم الجهاز الهيكلي إلى هيكل محوري Axial skeleton يضم الجمجمة Skull والفقرات Vertebrae والقص Sternum والضلوع ribs . والجزء الآخر هو الهيكل



شكل ٢-١ : الهيكل العظمي للخيل (عن فراندسون)

(١) الجمجمة (٢) الحزام الكتفي (٣) القص (٤) الأطراف الأمامية (٥) الضلوع (٦) الأطراف الخلفية (٧) الحزام الحوض (٨) العمود الفقري

الطرفي Appendicular skeleton ويضم الأطراف الآمامية Fore limbs والأطراف الخلفية Hind limbs (شكل ٢-١) .

أولاً : الهيكل المحوري Axial skeleton :

ويضم الجمجمة والعمود الفقري والضلوع وعظام القص .

١ - الجمجمة Skull : تتكون عظام رأس الحيوان من القحف Cranium والوجه Face . والجمجمة هي التي تحمي المخ . وتلعب دوراً هاماً في عمليتي الهضم والتنفس حيث أن عظامها تتصل بعضلات مضغ الطعام . وتتصل عظامها أيضاً بعظام الفك السفلي Mandible . عظام الفك تحمل الضروس وتوفر التجويف الفكي الذي يحتوي هواء ويتصل مع الممرات الأنفية . وعظام الفك السفلي بالماشية بها قواطع بعكس الفك العلوي الخالي منها .

٢ - العمود الفقري Vertebral column : عبارة عن سلسلة عظمية مرنة فردية تتوسط هيكل الجسم من أعلاه وتتصل من الأمام بالرأس ومن الخلف بالذيل . وتسمى العظام الداخلة في تركيبه بالفقرات Vertebrae ويستقر به النخاع الشوكي . وهو يعتبر دعامة الجسم من الناحية الظهرية ويهيىء منابت لكثير من العضلات وبخاصة عضلات الظهر كما أنه يحمي النخاع الشوكي . وينقسم العمود الفقري إلى خمسة مناطق هي العنق ، الصدر (الظهر) ، القطن ، العجز والذيل (شكل ٢-١) وفقرات كل منطقة متخصصة في القيام بوظائفها المختلفة . عدد الفقرات بكل منطقة قد يختلف فيما بين الحيوانات المزرعية كما يتضح من جدول رقم ٢-١ .

جدول ٢-١ : عدد الفقرات بمناطق العمود الفقري لبعض الحيوانات المزرعية

نوع الحيوان	العنق	الصدر	القطن	العجز	الذيل
الحصان	٧	١٨	٦	٥	١٥-٢١
الماشية	٧	١٣	٦	٥	١٨-٢٠
الأغنام - الماعز	٧	١٣	٦-٧	٤-٥	١٢-١٨
الجمل	٧	١٢	٧	٤	١٨-٢٠
الخنزير	٧	١٤-١٥	٦-٧	٤	٢٠-٢٣

٣ – الضـــلوع Ribs : عبارة عن أقراص عظمية ممطوطة توجد على جانبي العمود الفقري وترفق به بأطرافها العليا وتتصل بأطرافها السفلية الغضاريف الضلعية التي تتصل الثماني الأولى منها بعظم القص .

٤ – القـــص Sternum : يكون قاع التجويف الصدري وهو في الخيل على هيئة زورق له سطح علوي وسطحان جانبيان في حين أنه في الثور منبسط وله سطحان علوي وسفلي ولهذا يتيسر له الانبطاح الذي لا يتيسر للخيل .

ثانياً : الهيكل الطرفي Appendicular skeleton :

يشتمل على التراكيب العظيمة التي تقع على جانبي المحور الطولي للجسم وهي الأطراف وأحزمتها فهناك الطرفان الأماميان ويتصلان بالحزام الصدري والطرفان الخلفيان ويتصلان بالحزام الحوضي .

١ – الحزام الكتفي والأطراف الأمامية The pectoral girdle and limb :

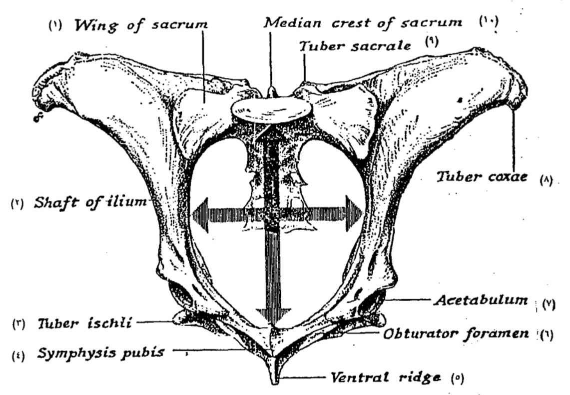
الأطراف الأمامية تتصل ببقية الجسم من خلال الحزام الكتفي الذي يتركب من ثلاثة عظام هي اللوح Scapula ، الترقوة Clavide والغرابي Coracoid . وفي الدواجن توجد الثلاثة عظام ولكن في الثدييات المستأنسة تختزل العظمتان الأخيرتان في صورة نتوءات على اللوح .

الطرف الأمامي كما يتضح من شكل (٢–١) يتكون من العضد (عظم الذراع)Humerus، الكعبرة والزند Radius & ulna ،وعظام اليد وتضم عظام الرسغ أو الركبة Carpal bone ، عظام المشط Metacarpal bone ثم السلاميات phalanges التي تدعم الأصابع Digits .

٢ – الحزام الحوضي والأطراف الخلفية The pelvic girdle and limb :

في الحيوانات الكبيرة يتكون الحزام الحوضي من جزئين ملتحمين في الوسط ويتكون كل منهم من ثلاثة عظام هي العظم الحرقفي Ilium من أعلى ويتمفصل مع الفقرات القطنية ويكسو سطحه العلوي عضلات الكفل ولحافته العليا زاوية داخلية تعرف بزاوية الكفل وأخرى خارجية تعرف بزاوية الخصر ، ثم العظم العاني Pubis من الناحية البطنيـة وهو أصغر العظام الثلاثة ويكون مقدم قاع الحوض وعليه تستقر المثانة وأخيراً العظم الوركي Ischium الذي يكون مؤخر عظام الحوض . وتكون حافته مع نظيرتها المقابلة القنطرة الوركية Ischial arch . وتنتهي هذه الحافة بالنتوء الوركي Tuber ischii (شكل ٢–٢) .

الطرف الخلفي يتكون من الفخذ Femur ، القصبة Tibia والشظية Fibula ، عظام العرقوب (الرسخ) (Tarsus (hock والقدم Metatarsus (شكل ٢-١) .



شكل ٢-٢ : عظام الحوض في البقرة والذي من خلاله يمر الجنين عند الولادة في الإناث
- الأسهم تشير إلى أقصى اتساع عرضي وطولي للحزام الحوضي (عن فراندسون)

(١) جناح العجز (٢) قصبة الحرقفه (٣) النتوء الوركي (٤) ارتفاق عاني (٥) الحرف البطني (٦) الثقب الساد (٧) الحق الحرقفي (٨) البروز الوركي
(٩) البروز العجزي (١٠) البروز الوسطى للعجز

مكونات العظـام Composition of bone :

بصفة عامة تتكون العظام من مادة غير عضوية تمثل نحو ثلثي مكونات العظام والثلث الباقي هو المكونات العضوية . ويعتبر الماء أحد المكونات غير العضوية الهامة والتي تشكل نحو ٤٥٪ من وزن العظام . وهذه النسبة ترتفع في الحيوانات المزرعية إلى حوالي ٥٠٪ وتقل عن ذلك في الإنسان (٣٩٪) . والحيوانات النامية تحتوي عظامها على نسبة أعلى من الماء . وتعتبر المعادن المكون غير العضوي الثاني وتمثل نحو ٢٥٪ من وزن العظام . معظم هذه المعادن تكون في صورة كالسيوم (٣٦٪) ، فوسفور (١٧٪) وماغنسيوم (٨ر٪) وغيرها من المعادن .

المادة العضوية غالباً ما تكون البروتين (٢٠٪ من الوزن) والدهون (١٠٪ من

الوزن) وبعض المواد الهامة الأخرى . ونحو ٩٠ - ٩٦٪ من المكونات العضوية توجد في صورة كولاجين Collagen وسكليروبروتين Scleroprotein غير قابل للذوبان ، ومواد أساسية أخرى .

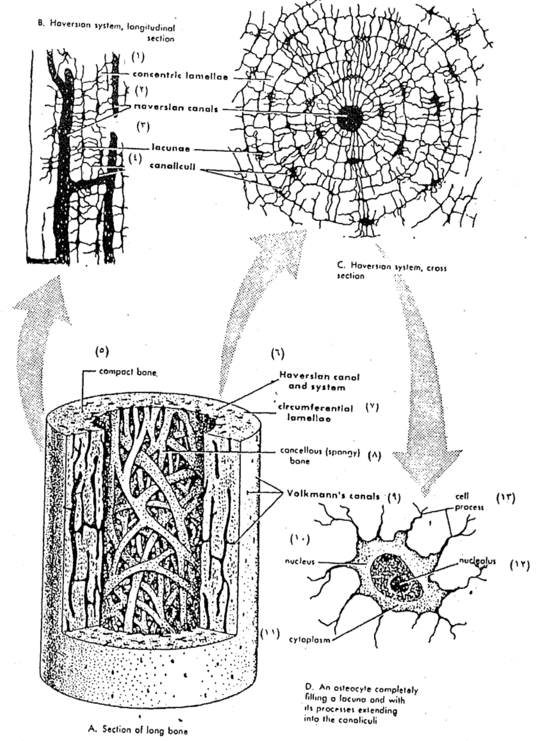
تركيب العظـام Structure of bone :

تتركب العظام أساساً من أنسجة عظمية صلبة لتراكم أملاح الكالسيوم غير العضوية في المادة البينخلوية . وينشأ معظم العظم من الغضروف حيث يتآكل الغضروف الجنيني تدريجياً ويسمح للخلايا العظمية المتكونة بأن تنمو فيه بكثرة وتغزوا المسامات العظمية وتبدأ في ترسيب أملاح الكالسيوم حول هذا الجزء المتبقي من الغضروف .

العظم الكامل يختلف في التركيب حيث يوجد نوعان من العظم هم : العظم الإسفنجي Spongy bone والعظم الكثيف Compact or dense bone . ويتكون العظم الإسفنجي من نسيج عظمي على هيأة أشرطة أو عوارض كلسية متداخلة تحصر بينها فجوات تمتلىء بنخاع أحمر Red marrow . وهو غالباً ما يوجد بداخل التجاويف المركزية للعديد من العظام وخاصة قرب نهاية العظام الطويلة . وينشأ كل العظم في البداية كعظم إسفنجي ولكن يصبح بعض العظم بعد ترسيب أكثر للأملاح عظماً كثيفاً . ويظهر العظم الكثيف جلياً تماماً للعين المجردة خاصة في جدر معظم عظام الجسم . ويوجد كلا النوعين من العظم في العظام الطويلة المكونة للجسم .

يوجد بالعظم الكثيف قنوات طويلة تمتد موازية للمحور الطولي للعظم تسمى بقنوات هافرس Haversian canal تحتوي على أوعية دموية وأعصاب وتنتظم حول هذه القنوات محافظ تحتوي على الخلايا العظمية Osteoblasts . وتوصل بين هذه المحافظ قنيات Canaliculi تمتد فيها زوائد الخلايا . وتتحد زوائد الخلايا عن طريق القنيات فتكون نسيجاً خلوياً متصلاً . وتترسب أملاح الكالسيوم التي تفرزها الخلايا العظمية على هيئة صفائح عظمية Bone lamellae وتوازي قنوات هافرس . فكأن كل قناة محاطة بعدد من الصفائح والمحافظ التي تتصل بقنيات ويكون هذا كله جهاز هافرس Haversian system . وتظهر هذه المجاميع كالدوائر في القطاع العرضي (شكل ٢-٣) . وحيث أن هذه الدوائر تترك مسافات فإن هذه تكون مشغولة بصفائح عظمية ومحافظ فقط بدون قنوات .

العظام الطويلة مثل تلك الموجودة في الأطراف والزند والكعبرة والقصبة وغيرها تتركب من ثلاثة قطع : ساق Diaphysis في الوسط وكردوسين Epiphysis في



شكل ٢-٣ : التركيب الداخلي للعظام الطويلة (A) حيث يظهر تكونها من عظام كثيفة من الخارج وإسفنجية من الداخل . وفي الشكل أيضاً قطاع طولي (B) وعرضي (C) لأجهزة هافرس والخلية العظمية (D) . (عن فراندسون)

(١) صفائح مركزية (٢) قنوات هافرس (٣) محفظة عظمية (٤) قنيات (٥) عظم كثيف (٦) قنوات وأجهزة هافرس (٧) صفائح محفظه (٨) عظم اسفنجي (٩) قنوات فولكمان (١٠) نواه (١١) سيتوبلازم (١٢) نويه (١٣) زوائد الخلية

الأطراف . والساق تكون مجوفة يحتوي تجويفها على نخاع العظام Bone marrow . وتتركب الساق من عظم كثيف وإن كانت أجزائها الطرفية تتركب من عظم إسفنجي . أما الكردوسان فيتركبان من عظم إسفنجي محاط بعظم كثيف (شكل ٢-٤) .

نمـو العظـام Growth of bone :

نمو العظام عملية معقدة تشمل هدم داخلي بواسطة خلايا العظم الأكولة Osteoclasts والترسيب خارجياً بواسطة الخلايا المولدة للعظم Osteoblasts . وكلا العمليتين تحدثان تلقائياً ولذلك يكبر ويتسع تجويف النخاع الداخلي نتيجة لتآكل العظم بينما يترسب العظم الجديد من الخارج . ويتأثر نمو العظام بالعديد من العوامل بعضها وراثي أو متعلق بالحيوان والبعض الآخر متعلق بالبيئة والرعاية . وهذا يتضح في الآتي :

١ - العوامل الوراثية :

يختلف الهيكل العظمي لأجناس الحيوانات المختلفة في الشكل وطول وقطر وعدد العظام . غير أن نظام ترتيب واتصال العظام ببعضها داخل الجنس تهيىء للحيوان أحسن نظم تلائمه في الحياة .

ويؤثر التركيب الوراثي للحيوان داخل النوع الواحد على تركيب العظام فالأفراد القزمية Dwarf تتصف بهيكل عظمي صغير عن الطبيعي ، في حين أن الأفراد العمالقة يتصفون بهيكل عظمي كبير مقارنة بالطبيعي. ولقد ظهر أن هذه الأفراد يحتوي دمها على مستوى من الهرمونات (هرمون النمو ، الباراثرمون ، الأنسيولين والكولي كالسيفرول) مختلف عن الطبيعي ، الأمر الذي يوحي باختلاف تركيبها الوراثي . كما أن بعض هذه الحالات قد ترجع لأمراض ربما تصيب الحيوان خلال مرحلة النمو .

٢ - تأثير الهرمونـات :

نمو وتطور العظام بسيطر عليه عدداً من الهرمونات المفرزة من الغدة النخامية ، والدرقية ، وجارات الدرقية ، الأدرينال والغدد الجنسية . فإزالة الغدة النخامية أو الدرقية يتبعه تأخر نمو العظام وإعطاء هرمون النمو أو هرمونات الدرقية يؤدي للنضج المبكر للعظام . غير أن هرمون النمو يشجع نمو العظام فقط في حين أن الثيروكسين يشجع نمو وتكلس العظام . نقص هرمون النمو أو الثيروكسين وفيتامين « أ » والكالسيوم يؤدي إلى قلة تكوين الكولاجين .

هرمون الباراثرمون المفرز من الغدد جارات الدرقية ينشط الخلايا العظمية الأكولة وبالتالي يشجع هدم العظام وتوفير الكالسيوم وزيادة مستواه بالدم .

ويشجعه في عمله هذا هرمون الكولي كالسيفرول (مشتق فيتامين « د ») . أما هرمون الكالسيتونين المفرز من الدرقية فهو يثبط نشاط الخلايا العظمية الأكولة ويشجع ترسيب الكالسيوم بالعظام . هذه الهرمونات مسئولة عن المحافظة على مستوى ثابت للكالسيوم بالدم .

زيادة إفراز الكورتيكوتروبين ACTH أو الكورتيزول تؤخر عملية بناء العظام والأنسجة الضامة . كما أن هرمونات الاستروجين تعتبر عاملاً مثبطاً لنمو العظام إذا زاد إفرازها عن المعدل الطبيعي .

٣ - تأثير التغذيـــة :

يعتبر النسيج العظمي من الأنسجة الحساسة لنوع الغذاء ، حيث أن نقص الغذاء أو نقص مكوناته يؤدي لخلل في نمو العظام . زيادة مستوى الطاقة بالغذاء يقلل من نسبة الرماد بعظام الأغنام أما البروتين فإنه يؤثر على معدل امتصاص الكالسيوم .

توافر الفيتامينات بالعليقة من الأهمية بمكان لنمو العظام. فيتامين.أ. يعتبر عاملاً هاماً لنمو الحيوانات الصغيرة خاصة تلك التي ترضع بديلات اللبن فنقصه يؤدي لضعف تكوين العظام. وفيتامين. د. من الفيتامينات الأساسية في نمو العظام الصغيرة حيث أن نقصه يؤدي للكساح Rickets في الحيوانات الصغيرة. ويفيد تعرض الحيوانات الصغيرة للشمس في توفير حاجة الحيوانات من فيتامين. د. عن طريق تحول مركب ٧ - ديهيدروكوليسترول في الجلد إلى فيتامين.د٣. . أما فيتامينات.ب. المركب فهي هامة لنمو العظام حيث أنها تنشط ميتابلزم الخلايا العظمية .

ومن العناصر الغذائية الهامة المعادن وخاصة الكالسيوم والفوسفور اللذين يدخلا في تكوين كربونات وفوسفات الكالسيوم بالعظام. ويوجد نحو ٩٠٪ من إجمالي الكالسيوم وحوالي ٨٠٪ من إجمالي الفوسفات بالجسم في العظام. وترسيب أملاح فوسفات الكالسيوم يكون في وسط قلوي ولذلك يكون امتصاص الفوسفات في الأمعاء في المناطق ذات الحموضة الخفيفة. وتلعب الكلى دوراً هاماً في تنظيم درجة الحموضة والقلوية وبالتالي إفراز أو إعادة امتصاص الكالسيوم والفوسفور . ويساهم هرمونات الباراثرمون والكالسيتونين في تنظيم إخراج الكالسيوم والفوسفور من الكلية .

الغضـــــروف Cartilage :

الغضروف والعظم هي الأنسجة الدعامية المميزة للفقاريات . وتوجد عدة أنواع من

الغضاريف بالجسم ومنها الغضروف الزجاجي Hayline cartilage الذي يوجد عند أطراف الضلوع وغطاء أطراف العظام وحلقات القصبة الهوائية والشعب الهوائية (شكل ٢-٤) . وهو ذو مظهر شفاف وزجاجي ويتكون من حلقات غضروفية Chondrocytes محاطة بغلاف مركب متماسك من هلام البروتين الذي يحتوي على شبكة من الألياف الفردية ولا يحتوي على أي أوعية دموية .

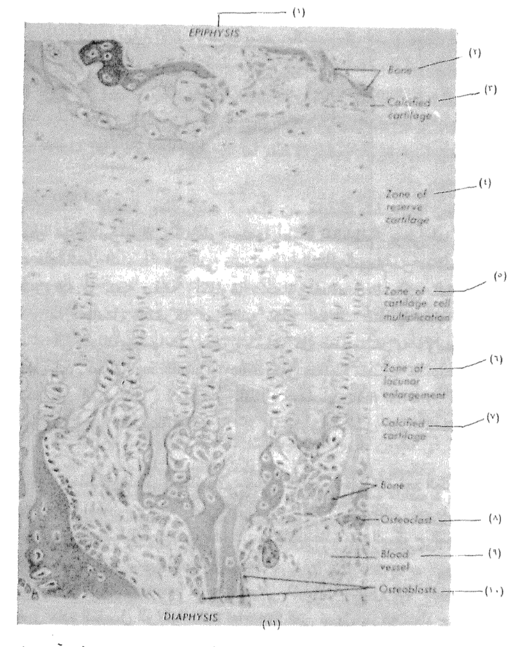
وإذا ما كثرت الألياف الصفراء في هذا النوع من الغضاريف أكسبته مرونة كبيرة كما ترى في صيوان الأذن ونهاية الأنف وعندئذ يسمى بالغضروف المرن Elastic cartilage . وقد تكثر الألياف البيضاء فتكسب الغضروف شدة في المقاومة كما ترى ذلك في الأقراص البينفقرية ويسمى ذلك بالغضروف الليفي Fibro cartilage . وفي كثير من الأحيان تترسب أملاح الكالسيوم في النسيج الغضروفي فيوصف الغضروف بأنه غضروف متكلس Calcified cartilage .

المفاصـــل Joints :

المفاصل هي الأجزاء التي تتلامس عندها أطراف العظام . وهي إما متصلة أو منفصلة . فالمفاصل المتصلة هي التي تتضام فيها العظام بتضاريس متلاحمة تتخللها طبقة غضروفية أو ليفية رقيقة ويكسوها سمحاق Periosteum واقي كما في عظام الجمجمة . أما المفاصل المتحركة فهي التي تكسو أطراف عظامها طبقة غضروفية ملساء تساعد في تحرك بعضها على بعض وسمحاق كل عظم مستقل به . ويحيط بطرفي ذلك المفصل كيس غشائي Synovial membrane يكون محفظة مفصلية Articulate capsule تحيط بالعظمتين المتصلتين . كما يفرز السائل المفصلي Synovial fluid الذي يسهل انزلاق العظمتين على بعضهما (شكل ٢-٥).ويتكون المفصل المتحرك من الأجزاء التالية :

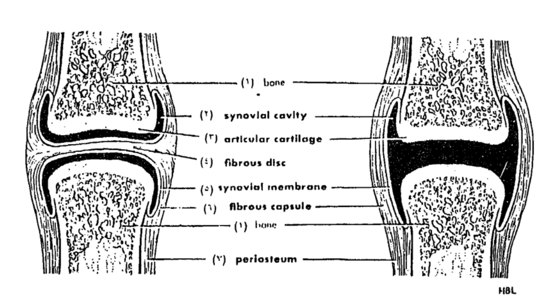
١ - السطوح المفصلية للعظم ويتلائم كل منها مع الآخر ، فإن كان أحد الطرفين محدباً يكون الآخر مقعر ، وإن كان في الأول بروز يكون في الثاني تجويف مطابق .
٢ - الغضاريف المفصلية Articulate cartilage وتقع عادة بين السطوح المفصلية ولها شكلها ، ووظيفتها تسهيل حركة المفصل .
٣ - الأغشية الزلالية Synovial membrane وهي أكياس غشائية رقيقة تحيط بالمفصل وتفرز مادة المفصل الزلالية Synovial fluid التي تسهل حركة سطوح المفصل .
٤ - المحفظة الليفية Fibrous capsule وهي عبارة عن حزم ليفية متينة تضم وتحيط بالعظمتين المتصلتين من جوانبهما.

٥ - الأوعية الدموية والأعصاب التي تكون شبكة وعائية حول المفاصل الكبيرة وتنتشر لأطراف العظام الداخلة في تركيبها والأغشية المحيطة بها ولكن لا تنفذ للغضاريف المفصلية . كما تغذيها أوعية لمفاوية عديدة . ويحيط بالأغشية الزلالية شبكة عصبية .



شكل ٢-٤ : مناطق تعظم الغضاريف في النهاية الطرفية لعظام القدم (عن كوبنهافر وآخرون)

(١) كردوس (٢) عظم (٣) غضروف متكلس (٤) منطقة الغضروف الاحتياطى (٥) منطقة تكاثر خلايا الغضاريف (٦) منطقة تضخم المحافظ (٧) غضروف متكلس (٨) خلايا أكولة (٩) وعاء دموى (١٠) خلايا مولدة للعظم (١١) ساق .



شكل ٢-٥ : أنواع المفاصل المتحركة (عن فراندسون)

(١) عظم (٢) تجويف مفصلي (٣) غضروف المفصل (٤) قرص ليفي (٥) غشاء مفصلي (٦) حوصلة ليفية (٧) سمحاق

الفصل الثالث
الجهاز العضلي
The muscular system

الحركة هي الصفة المميزة للحيوان . وتتم الحركة الظاهرة عن طريق انقباض مجموعة من الأنسجة العضلية التي تتصل بالهيكل العظمي وتحدث به الحركات المختلفة . وتنقسم العضلات تبعاً لحركتها لقسمين : عضلات إرادية يسيطر عليها الحيوان ويحركها كيفما شاء وتكون حمراء عادة ، وعضلات لا إرادية ليس للحيوان سلطان عليها وتوجد في أعضاء الجسم الداخلية ولونها باهت ماعدا عضلة القلب .
وحركة الحيوانات الفقارية ذوات الأربع يمكن وضعها تحت أربعة أنواع :

١ – المشـي Walking وفيه يرتفع قدم واحد عن الأرض عند الحركة .
٢ – الجـري Running وفيه يلمس قدم واحد الأرض عند الجري .
٣ – حركة الجمال Pacing وفيها يتحرك القدمين الأمامي والخلفي للجانب الأيمن في آن واحد ثم القدمين الأمامي والخلفي للجانب الأيسر على التوالي .
٤ – حركة الخيل Trotting وفيها يتحرك القدم الأمامي الأيمن مع القدم الخلفي الأيسر في آن واحد ثم القدم الأمامي الأيسر مع القدم الخلفي الأيمن وهكذا .

ولحم الحيوانات يتكون أساساً من العضلات وبعض الأنسجة الضامة والدهنية . والحركة عنصر هام لنمو وصيانة وحفظ سلامة العضلات ، فالعضلات التي لا تستعمل تضمر وتضمحل . غير أن الإجهاد العضلي كما يحدث في حالة استخدام الحيوانات للعمل يمكن أن يؤدي لضرر العضلات وينتج من هذه الحيوانات لحم فاقد الطعم سريع التحلل .

أنواع العضلات Types of muscles :

الأنسجة العضلية هي تلك الأنسجة التي لها القدرة على الانقباض والانبساط ، ويؤدي انقباضها إلى الحركة . وهي تنشأ من الميزودرم . وتتركب من وحدات تسمى الألياف العضلية Muscle fibers التي هي عبارة عن الخلايا . وتفقد الألياف أو الخلايا العضلية

القدرة على الانقسام . ويمكن تميز ثلاثة أنواع من الألياف العضلية هي : الألياف الهيكلية Skeltal muscles ، الألياف الملساء Smooth muscles والألياف القلبية Cardiac muscles .

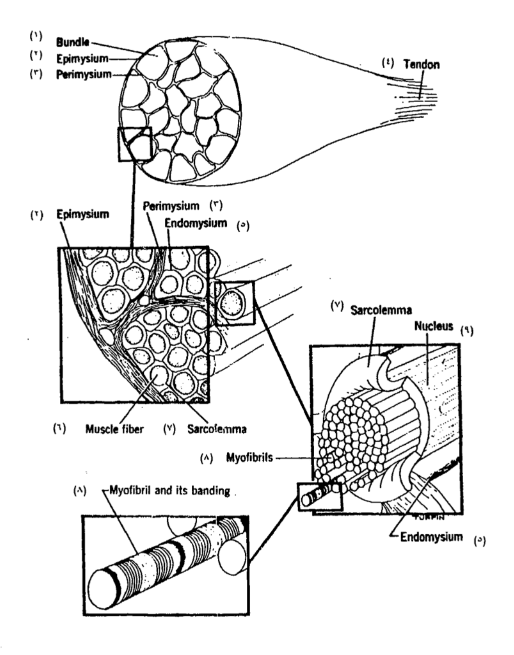
١ – العضــلات الهيكليــة Skeltal muscles :

سميت بذلك لأنها ترتبط بالهيكل العظمى . وهي المسؤولة عن حركة الجزع والأطراف وأعضاء التنفس والعيون وبعض أجزاء الجسم الأخرى . وتسمى أيضاً بالعضلات الإرادية Voluntary muscle لأنها مزودة بألياف الحركة التي تخضع لإرادة الحيوان . كما أنها تسمى بالعضلات المخططة Striated muscles لأنها تبدو مخططة عرضياً بمناطق فاتحة ومناطق داكنة بالتبادل .

تتركب العضلة الهيكلية من حزم محكمة وقوية من الألياف العضلية التي تمتاز بأنها طويلة جداً واسطوانية.والليفة الواحدة عبارة عن خلية اسطوانية متعددة الأنوية وقد تمتد الأنوية من أول العضلة لآخرها . وتجتمع الألياف مع بعضها لتكون حزم Fascicles تحاط بنسيج ضام Perimysium . وتجتمع الحزم مع بعضها مكونة العضلة المتميزة المحاطة بطبقة رقيقة من النسيج الضام Epimysium . ويكون معظم العضلات الهيكلية مدبب الطرفين حيث يتصلان بالعظام بواسطة الأوتار Tendon . (شكل ٣–١) . ويكون بعض العضلات على هيئة ألواح أو صفائح مفلطحة مثل عضلات البطن .

الليفة أو الخلية العضلية تحتوي على عدد كبير جداً من الليفات العضلية Myofibrilis متجمعة مع بعضها البعض ويحيط بها غشاء رقيق يسمى الصفيحة اللحمية Sarcolemma (شكل ٣–١) . وتوجد بكل ليفة عضلية عدة مئات من الأنوية التي تقع عادة بطول حافة الليفة العضلية . كما يوجد عدد كبير من الميتوكوندريا التي تسمى أحياناً بالأجسام اللحمية Sarcosomes . وتوجد شبكة من القنيات تسمى بالشبكة اللحمية أو الشبكة الساركوبلازمية Sarcoplasmic reticulum . وكذلك توجد كل المحتويات الخلوية اللازمة لأي خلية حية . وتمتلىء معظم الخلايا العضلية بالليفات وبعد ذلك تحزم الألياف العضلية في حزمة واحدة يتراوح قطرها بين ١–٢ ميكرومتر .

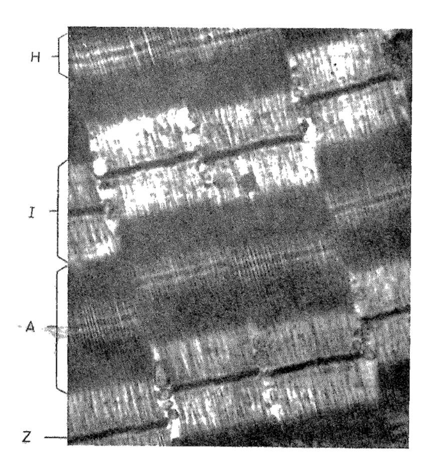
وعلى الليفة العضلية تتبادل الأقراص أو الأشرطة الفاتحة مع الأشرطة الداكنة Light & dark bands وتسمى أشرطة I وأشرطة A على التوالي (شكل ٣–٢) وهذا يكسب الليفة شكلاً مخططاً عرضياً . وكل قرص مضيء يقسم بقرص رفيع آخر هو قرص Z ، كما أن كل قرص معتم يقسم بقرص رفيع آخر هو خط H .



شكل ٣-١ : رسم تخطيطي للعضلات الهيكلية وليفاتها (عن فراندسون)

(١)حزمة عضلية (٢)نسيج ضام يحيط بالعضلة (٣) نسيج ضام بين الحزم (٤) وتر (٥) نسيج ضام يحيط بالحزمة (٦) ليفة عضله (٧) صفيحة لحمية
(٨) لييفات عضله (٩) النواه

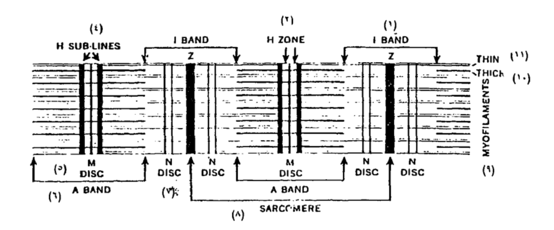
ويسمى الجزء من الليفة الواقع بين غشائي Z بالقطعة اللحمية Sarcomere وهو الوحدة الوظيفية في الليفة العضلية .



شكل ٣-٢ : صورة مكبرة للعضلة الهيكلية بالأرانب موضحة حزم H ، I و A وأقراص Z . (عن كوبنهافر وآخرون)

تتكون الليفه العضلية Myofibril من تجمع عدد من الوحدات الصغيرة جداً والمتوازية والتي تسمى بالخيوط العضلية Myofilaments (شكل ٣-٣) . ويوجد منها نوعان : الخيوط السميكة Thick filament (قطرها ١١٠ انجستروم وطولها ٦ر١ ميكرون) . وتكون متوازية وتبعد عن بعضها بمقدار ٤٥٠ انجستروم وهي تتكون أساساً من الميوسين Myosin . والخيوط الرفيعة Thin filament (قطرها ٥٠ انجستروم وطولها ٠٥ر٠ ميكرون) وتتكون من بروتين الاكتين Actin . وتقع خيوط الميوسين السمكية في منطقة الأشرطة المعتمة (A) في حين تتركز خيوط الاكتين الرفيعة في منطقة الأشرطة الفاتحة (I) ولكنها في نفس الوقت تمتد إلى حد ما داخل منطقة الأشرطة المعتمة (A) . وهذه الخيوط هي المسؤولة عن انقباض

العضلة . ويتكون الخط Z من نوع بروتيني كثيف يختلف عن كل من الاكتين والميوسين ، وهو يعمل على اتصال الخيوط الرقيقة والحفاظ عليها في مكانها .



شكل ٣-٣ : رسم تخطيطي لتركيب الخيوط العضلية الرفيعة بالعضلات الهيكلية (عن فراندسون)

(١) الشريط الفاتح (٢) المنطقة H (٣) قرص Z (٤) جزئى الخط H (٥) القرص M (٦) الشريط المعتم A (٧) القرص N (٨) قطعة لحمية (٩) خيوط عضلية (١٠) خيوط عضلية سميكة (١١) خيوط عضلية رفيعة

٢ – العضـلات الملسـاء Smooth muscles :

وهي العضلات التي لا توجد بها الخطوط المميزة للعضلات الهيكلية . وتتكون من خلايا طويلة رفيعة مدببة الطرفين وتحتوي كل خلية على نواه واحدة محاطة بكمية صغيرة من السيتوبلازم يسمى بالمادة اللحمية Sarcoplasm . ويمكن أن يميز بالخلية عدد من الخيوط الرفيعة الطويلة هي الليفات العضلية Myofibrils ذات قطر ٥٠–٨٠ انجستروم ويؤدي قصرها لانقباض العضلة ، وتتكون من الاكتين والميوسين . غير أن كمية البروتين المنقبض والمركبات الغنية بالطاقة الموجودة بها تكون أقل عما هو بالعضلات المخططة .

وتوجد العضلات الملساء في جدران القناة الهضمية وقنوات الغدد وفي الغدد التناسلية والمثانة والأوعية الدموية حيث تتركز وظيفتها في دفع المواد في الممرات . وتمتاز العضلات الملساء بحركتها البطيئة وقدرتها على الانقباض لمدة طويلة مع استغلال قدر بسيط من الطاقة ويتحكم الجهاز العصبي الذاتي في حركتها .

٣ – العضــلات القلبيــة Cardiac muscles :

وهي العضلات التي توجد في جدار القلب فقط وتجمع في صفاتها بين صفات العضلات الهيكلية والملساء . فالألياف ليست طويلة ولكنها مستطيلة غير مدببة ولكل ليفة نواه . وتندمج الألياف مع بعضها بواسطة جسور جانبية . ويمتد بين كل ليفتين قرص بيني Intercalary disc واضح . وكل ليفة مغلفة بصفيحة عضلية وإن كانت غير واضحة . كما توجد الخطوط العرضية غير أنها ليس في وضوح الموجودة بالألياف المخططة (شكل ٣–٤) . وانقباض العضلات لا إرادي حيث يقع تحت سيطرة الجهاز العصبي الذاتي ويستمر القلب في النبض حتى بعد فصل كل الأعصاب الذاتية .



شكل ٣–٤ : صورة للعضلات القلبية – لا إرادية مخططة . (عن فراندسون)

الصفات العامة للعضلات Properties of muscles :

هناك بعض الصفات العامة التيتتميز بها العضلات بأنواعها الثلاث وهذه تتضمن :

١ – الإثــارة Excitability : وتعني القابلية والقدرة على الاستجابة للمنبهات فتصبح نشطة . وتكون العضلات المخططة أكثر قدرة على الإثارة عن النوعين الآخرين . هذه الاستجابة للمنبهات المختلفة الميكانيكية ، الحرارية ، الكيماوية أو

الكهربائية يكون المسؤول عن توصيلها في الكائن الحي الأعصاب .

٢ – النقل Conductibility : بمجرد أن تتنبه بعض ليفات العضلات بمنبه ذو قوة كافية فإن التنبيه ينتقل في وقت قصير للأجزاء الأخرى ، وتسمى هذه الصفة بالقدرة على النقل . ويكون نقل التنبيه أكثر سرعة في العضلات المخططة عن النوعين الآخرين . وتكون سرعة النقل في الحيوانات ثابتة الحرارة نحو ٦-١٢ متر/ساعة في حين أنها في ذوات الحرارة المتغيرة مثل الضفدعة تكون ٣-٤ متر/ساعة .

٣ – الانقباض Contractibility : تظهر أنواع العضلات الثلاثة قدرة على الانقباض والانبساط . ويكون هذين الفعلين الرعشة أو الانتفاضة Twitch . ويمكن تنبيه العضلات بمنبهات ميكانيكية ، حرارية ، كيماوية أو كهربائية . وتكون الأعصاب مسؤولة عن توصيل المنبهات داخل الجسم . وعندما تنقبض العضلات تصبح أقصر واسمك ولكن حجمها الكلي لا يتغير كثيراً . ويكون الانقباض أكثر قوة وسريع في العضلات المخططة مقارنة بالنوعين الآخرين .

٤ – التوتر Tonicity : عضلات الجسم لا توجد كلها في حالة استرخاء تام في آن واحد . ورغم عدم ملاحظة مظاهر النشاط ، فإنها توجد في حالة انقباض بسيط والذي يجعلها تقاوم عملية المط . هذا النشاط للعضلة يسمى بتوتر العضلة Muscle tonus .

٥ – القابلية للشد والمط Tensility & Elasticity جميع العضلات لديها قدرة على الشد لدرجة معينة . وعندما يغيب السبب المؤدي لشد العضلة فإنها تستعيد حالتها الأولى (الاسترخاء) وهذه القدرة تسمى المطاطية .

٦ – عتبة الشعور أو قوة التنبيه Threshold : جميع العضلات تنقبض فقط عندما تتأثر بمنبه ذو قوة معينة ، وأقل قدر من قوة التنبيه والتي يحدث عندها بدأ تنبيه العضلة يسمى عتبة التنبيه Threshold . وأقل منه لا يحدث تنبيه وأعلى منه يحدث التنبيه .

٧ – فترة التمرد Refractory period : بعد حدوث تنبيه العضلة تنقضي فترة قصيرة تكون فيها العضلات غير قابلة للانقباض ، وتسمى هذه الفترة بفترة التمرد أو العصيان أو فترة استرخاء العضلات .

٨ – فترة الكمون The latent period : وتعني الفترة المنقضية بين التنبيه والانقباض العضلي . والفترة التي تبقى فيها العضلة في حالة انقباض تسمى بفترة الانقباض .

بروتينـات الانقبـاض Contractile proteins :

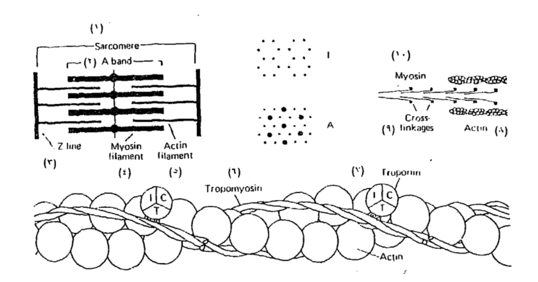
تتكون العضلات من بروتينات تقوم بعملية الانقباض وكذلك من مواد أخرى مثل الكربوئدرات والدهون والأنزيمات والمواد الغنية بالطاقة والمعادن وهي التي توفر الظروف الملائمة لانقباض البروتينات . وأهم أنواع بروتينات العضلات الأكتين ، الميوسين ، التروبوميوسين والتروبونين .

١ – الأكتـين Actin : هو البروتين المكون للخيوط الرفيعة باللييفات العضلية ويبلغ وزنه الجزيئي نحو ٤٠٠٠ . ويوجد في صورة كروية في غياب الأملاح (G-actin) . وهي صورة لها قدرة كبيرة لجذب أيونات الكالسيوم والذي في وجوده تتحول إلى صورة ليفية (F-actin) متجمعة . وكلا الصورتين لهما قدرة كبيرة لجذب جزيئات الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP .

٢ – الميوسـين Myosin : هو البروتين المكون للخيوط السمكية باللييفات العضلية ووزنه الجزيئي نحو ٥٠٠ ألف وهو ما يبلغ أكثر من ١٠ أضعاف وزن الأكتين . وأهم صفاته عمله كأنزيم محلل لمركب ATP إلى ADP وفوسفات عضوي . وهو تفاعل ينشطة أيونات الكالسيوم ويثبطه أيونات المغنسيوم .

٣ – التروبوميوسين Tropomyosin : نوع من البروتينات وزنه الجزيئي نحو ٧٠٠٠ . يوجد مرتبطاً مع الأكتين في الخيوط الرفيعة باللييفات العضلية ، حيث يكون معقد خاص مع الأكتين F-actin ويكون شكله مثل العصيات التي طولها ٤٠٠ انجستروم وعرضها ١٢٠ انجستروم .

٤ – التروبونين Troponin : نوع من البروتين ذو الجزيئات الكروية الصغيرة تقع على مسافات في الخيوط الرفيعة مع الأكتين والتربوميوسين وهو يسمح بتجميع التروبوميوسين النقي . تروبونين T يربط مكونات التروبونين إلى التروبوميوسين ، تروبونين I يثبط تفاعل الميوسين مع الأكتين وتروبونين C يحوي أماكن ربط لأيونات الكالسيوم وبدأ الانقباض (شكل ٣–٥) .



شكل ٣-٥ : تركيب الألياف العضلية . من الجهة العلوية اليسرى يتضح ترتيب خيوط الأكتين والميوسين بالعضلات الهيكلية . حرفا I و A يمثلا قطاع عرضي خلال حزمة I والجزء الجانبي للحزمة A . وعلى الجانب العلوي الأيمن تفاصيل تركيب الميوسين والأكتين . وأسفل الشكل رسم توضيحي لتوزيع الأكتين ، التروبوميوسين والتروبونين (عن جانونج) .

(١) قطعة لحمية (٢) شريط A (٣) خط Z (٤) خيوط الميوسين (٥)خيوطالأكتين (٦) تربوميوسين (٧) تربونين (٨) الاكتين (٩)قنطرةعبور.
(١٠) الميوسين

ميكانيكية انقباض وانبساط العضلات :

Mechanism of muscle contraction and relaxation

قديماً تصوّر العلماء أن انقباض العضلات يتم بواسطة حركة روح الحيوان Animal spirits المتبخرة في المخ عن المواد المشتقة من الطعام حيث تطير عبر الأوعية العصبية حتى تصل للعضلات بما يشبه طيران البالون المملوء بالهواء . غير أن علماء البيولوجيا الأوائل في القرن الثامن عشر لم يؤيدوا هذه النظرية حيث أثبتوا أنه عند انقباض العضلات لا يتغير حجمها بدرجة كبيرة ولكنها تقصر وتسمك .

وفي القرن التاسع عشر وضعت عدة نظريات تفسر انقباض العضلات ، أهم تلك النظريات نظرية انزلاق الخيوط The sliding filament theory التي اقترحها هكسلي وهانسون عام ١٩٥٠ Huxley & Hanson . وطبقاً لهذه النظرية فإن الخيوط السمكية تصبح مرتبطة مع الخيوط الرفيعة بواسطة قناطر عبور جزيئية Cross - bridge تعمل

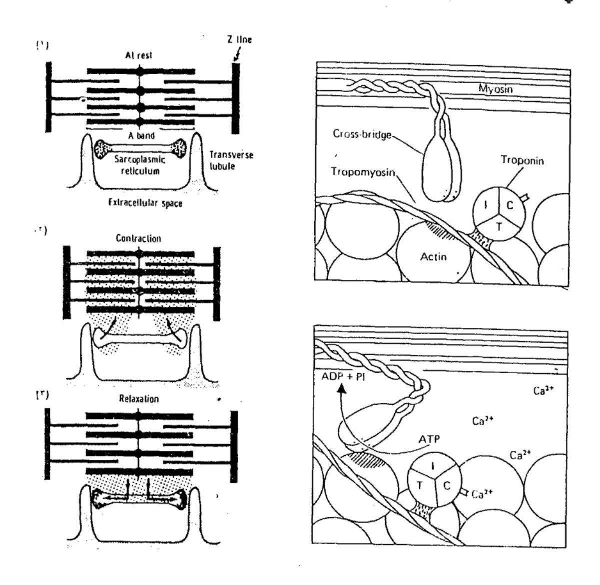
كروافع لجذب الخيوط واحداً بعد الآخر . وأثناء الانقباض تدور قناطر العبور الموجودة على الخيوط السميكة بسرعة للأمام والخلف بالتبادل لتتصل بأماكن الاستقبال الموجودة على الخيوط الرفيعة ، أو تنفصل عنها ساحبة الخيوط الرفيعة لتنزلق فوق الخيوط السميكة كما يفعل السن في دوران الترس . وباستمرار الانقباض ينجذب الخطان Z لبعضهما البعض ليتقاربا .

الأسلوب المعقد لعملية الانقباض العضلي بانزلاق الخيوط يتضح من فهم تركيب خيوط الألياف العضلية . فكل جزيئى ميوسين يتركب من سلسلتين من الببتيدات العديدة ، وكل سلسلة بها رأس كبير كرأس العصا مصففة بجوار بعضها كما لو كانت حزمة لتكون الخيط السميك . الرأسان المزدوجان لكل جزيئى ميوسين يتجهان للخارج بالنسبة لوسط الخيط ويعملان كقناطر عبور Cross bridge جزيئية ويتعاملان مع الخيوط الرفيعة أثناء الانقباض (شكل ٣-٦) . أما الخيوط الرفيعة فهي أكثر تعقيداً لأنها تتركب من ثلاثة أنواع من البروتينات (شكل ٣-٥) . الجزء الأساسي للخيوط الرفيعة عبارة عن شريط مزدوج من بروتين الأكتين ملتف في لولب مزدوج . تحاط خيوط الأكتين هذه بشريطين رفيعين من بروتين آخر هو التروبوميوسين Tropomyosin ويقع بين التجويف الموجود بين الأكتين . وكل شريط تروبوميوسين يكون عبارة عن لولب مزدوج . البروتين الثالث الموجود بالخيوط الرفيعة هو التروبونين Troponin وهو مركب من كريات تحوي ثلاثة أنواع من البروتين وتقع على مسافات على جانبي الخيوط . وهو يعتمد على أيونات الكالسيوم كمفتاح يعمل كنقطة مراقبة في عملية الانقباض .

ولكن يحدث التقلص لابد وأن تتصل قناطر العبور وأن تتحرك حول محورها وتنفصل ثم تتصل عند نقطة أبعد عن الخيط الرفيع . ويفترض أن العملية تتم بواسطة دورة ربط ثم جذب ثم التحرر . وهذا يتم أولاً باتحاد الميوسين مع الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP ثم ينفصل مكونا ADP وفوسفات وينتج قدر من الطاقة تنشط رأس الميوسين الذي ينحني بزاوية ٤٥ فيتصل بشريط الأكتين المجاور بعد أن يجذبه مسافة ١٠ نانومتر تقريباً . ويلي ذلك اتحاد جزيء آخر من الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP برأس الميوسين مثبطاً المكان فينفصل عن الأكتين ويدور في مكانه ٩٠ درجة .

وتتكرر دورة الربط - الجذب والتحرر مرة أخرى مرات ومرات (حوالي ٥٠-١٠٠ مرة/ثانية) مما يؤدي لجذب الخيوط الرفيعة فوق الخيوط السمكية . وبينما يمكن أن تتقلص المسافة الممكنة لكل وحدة عضلية ، وهي صغيرة جداً ، غير أن هذه المسافة تتضاعف بواسطة الآلاف من الوحدات العضلية التي تمتد كل في طرف الأخرى

داخل الليفة العضلية . ولذلك فقد تتقلص العضلة ذات الانقباض القوي إلى ثلث طولها في حالة الاسترخاء (شكل ٣-٧) .



شكل ٣-٦ : طريقة انقباض الليفة العضلية بمساعدة أيونات الكالسيوم . حيث تتصل قناطر العبور (رأس جزىء الميوسين) بمكان خاص على الأكتين (المنطقة المخططة) ثم يدور عندما يزاح التربوميوسين جانبياً بواسطة (ارتباط الكالسيوم مع تربونين) .
(عن جانونج) .

شكل ٣-٧ : تقلص العضلة ودور أيونات الكالسيوم (النقط السوداء) في بدأ انقباض الليفات العضلية .
(عن جانونج)

(١) عند الراحه (٢) عند الانقباض (٣) عند الاسترخاء

إثارة الانقباض العضلي Stimulation of contraction :

تموّل العضلات بنهايات الألياف العصبية التي تنتشر في صورة أقدام أو نهايات محركة Motor end plate . ويتصل كل تفرع بالليفة العضلية بواسطة الاقتران Synapse أو الاتصال العضلي العصبي Myoneural junction والذي يوجد فيه شق Cleft يفصل بين الليفة العضلية والليفة العصبية حيث يفرز فيه مادة الاستيل كولين من نهاية الألياف العصبية عند وصول المؤثر العصبي للاقتران . الاستيل كولين عبارة عن وسيط عصبي كيماوي ينتشر عبر الاتصال الضيق ويؤثر على غشاء الليفة العضلية محدثاً استقطاباً كهربائياً ينتشر بسرعة خلال الليفة العضلية مؤدياً لانقباضها . وبهذا يكون الاقتران العضلي العصبي قنطرة كيميائية خاصة تربط بين النشاط الكهربائي للألياف العصبية والألياف العضلية .

وفي حالة استرخاء العضلة بدون إثارة لا يحدث تقلص لأن أشرطة بروتين التربوميوسين تقع في مكان على خيوط الأكتين بحيث تمنع رؤوس الميوسين من الاتصال بالأكتين . وعندما تثار العضلة بوصول الاستقطاب الكهربائي إلى الشبكة الأندوبلازمية (الشبكة الساركوبلازمية Sarcoplasmic reticulum) التي تحيط بالليفات العضلية ، تتحرر أيونات الكالسيوم . يرتبط بعض أيونات الكالسيوم مع بروتين التربونين الذي يتعرض في الحال إلى تغيرات يتكيف بعدها ليسمح للتربوميوسين بأن يتحرك خارجاً من مكان احتجازه لتبدأ دورة اتصال - جذب وتحرر في الحركة ليستمر التقلص طالما أن المؤثر العصبي يصل إلى الاقتران العصبي العضلي . وأن الكالسيوم الحزيبقي متوفراً حول الخيوط الدقيقة . ولكن عندما يتوقف المؤثر فإن الكالسيوم يضخ بسرعة عائداً إلى الشبكة الساركوبلازمية ويستعيد التربونين شكله الأصلي ويتحرك التربوميوسين عائداً لمكان احتجازه على الأكتين وتنبسط العضلة (شكل ٣-٧) .

طاقة الانقباض العضلي Energy of contraction :

يعتبر مركب الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP هو مصدر الطاقة اللازمة للانقباض العضلات . ولكن نظراً لأن محتوى العضلات منه يكفي فقط للانقباض العضلة لفترة جزء من الثانية ، فإن العضلات تعمل على تكوينه من خلال مركب غني بالطاقة هو الكرياتين فوسفات Creatine phosphate وذلك عند توافر مركب الأدينوزين ثنائي الفوسفات ADP كما يتضح من المعادلات التالية :

كرياتين فوسفات ⟵ كرياتين + حمض فوسفوريك

حمض فوسفوريك + ADP ⟵ ATP

واحتياطي العضلة من الكرياتين فوسفات ينفذ بسرعة ويجب أن يعاد تخزينه بواسطة أكسدة الكربوئدرات المخزنة بالعضلات في صورة جليكوجين (٧٥٪ من جليكوجين الجسم يوجد بالعضلات والباقي بالكبد) . ويتحول الجليكوجين بسرعة إلى جليكوز -٦- فوسفات وهو المرحلة الأولى في السلسلة التنفسية الحادثة في الميتوكوندريا المؤدية لتكوين ATP .

ولقد ظهر أنه في حالة الانقباض العضلي الطويل أو الشديد فإن الجلوكوز يؤكسد تماماً إلى ثاني أكسيد كربون وماء بواسطة عملية التنفس الهوائية . ولكن نظراً لأن التمويل الدموي لا يكون كافياً لتوريد كمية الأكسجين الكافية للتنفس الهوائي ، فإن عملية الانقباض تحصل على معظم الطاقة اللازمة لها من عملية التنفس اللاهوائية Anaerobic respiration ويكون من نتيجتها تحلل الجلوكوز إلى حامض لاكتيك وطاقة . وهذه الطاقة تستخدم لإعادة تخليق الكرياتين فوسفات الذي بدوره يمرر الطاقة إلى الأدينوزين ثنائي الفوسفات (ADP) ليعيد تخليق الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) . وينتشر حامض اللاكتيك المتراكم بالعضلات إلى دورة الدم ولكن مع استمرار انقباض العضلات فإن وجود هذا الحامض يؤدي لتثبيط عمل الأنزيمات والإرهاق . غير أن الجسم يقوم بهدم الحامض بأكسدته بالأكسجين أو تحويله إلى جليكوجين عند توافر الطاقة . ولقد ظهر أن ٢٠٪ من كمية الحامض تؤكسد عند توافر الأكسجين منتجة ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة . في حين أن ٨٠٪ من حامض الأكتيك يستخدم لإعادة تخليق جليكوجين بالكبد والعضلات وأنسجة أخرى . والطاقة اللازمة لهذه العملية يتحصل عليها من أكسدة الـ ٢٠٪ من كمية الحامض والسابق ذكرها .

الفصل الرابع
الدم وسوائل الجسم الأخرى
Blood and other body fluids

الحيوانات وحيدة الخلية التي تعيش في البحر تحصل على احتياجاتها الغذائية وتتخلص من فضلاتها مباشرة في البيئة المحيطة بها عن طريق سطح الجسم . ويتطور الحياة وتعقد تركيب الكائنات الحية أصبح توفير الظروف الملائمة لكل خلية أكثر حدة . وفي الحيوانات العالية نشأ وظهر جهاز دوري يمر به الدم وكذلك وجدت سوائل أخرى تشتق من الدم وتعمل كوسائل لحفظ الظروف المناسبة لكل خلية .

أولاً : الـدم Blood

الدم عبارة عن سائل غروي معقد التركيب يوجد داخل حيز مغلق يتكون من شبكة من الأنابيب تسمى الأوعية الدموية Blood vessels يضخ فيها الدم بمساعدة القلب Heart . والدم يعمل كوسط ناقل لمختلف المواد بين أعضاء الجسم المختلفة وكذلك يقوم بتبادل المواد بين أنسجة الجسم والبيئة المحيطة .

وظـائف الـدم Function of Blood :

يمكن تلخيص وظائف الدم في النقاط التالية :

١ – نقل الأكسجين من الرئتين للأنسجة وثاني أكسيد الكربون من الأنسجة للرئتين . وتعتبر الرئتين السطح الذي يتم عنده تبادل الغازات بين الدم وهواء التنفس .

٢ – نقل المواد الغذائية الذائبة من الأمعاء للكبد أولاً ثم بعد ذلك لأجزاء الجسم الأخرى .

٣ – نقل فضلات الأنسجة وهذه تضم مواد عديدة ناتجة عن عملية التمثيل الغذائي وبقاؤها يعتبر ضار ولذلك يتم التخلص منها عن طريق الكليتين ، الرئتين ، الجلد والأمعاء .

٤ – التكامل الكيماوي حيث تقوم الغدد الصماء بإفراز هرمونات تنتشر للأنسجة الهدف بواسطة الدم . وتقوم هذه الهرمونات بالمساعدة في تكامل الأحداث الفسيولوجية وتناسقها بالجسم .

٥ – حفظ تفاعل الجسم (pH) حيث تعمل بروتينات البلازما كمادة منظمة وبذلك تمنع التغيرات الفجائية في حموضة وقلوية الدم .

٦ – المساهمة في حفظ الاتزان المائي بالجسم ثابتاً وذلك عن طريق نقل الماء بين الدم والأنسجة .

٧ – نقل الحرارة من الأنسجة العميقة لسطح الجسم حيث يمكن أن تفقد وبذلك يساهم في المحافظة على حرارة الجسم ثابتة تقريباً .

٨ – الدفاع ضد العدوى . حيث يحتوي الدم على خلايا تمتلك صفات التهامية ونواتج خاصة تسمى أجسام مضادة Antibodies تصارع الميكروبات وكذلك تلعب دوراً وقائياً بعد معادلة سمومها .

٩ – منع فقد الدم وسوائل الجسم وخاصة عند التعرض للإصابات وذلك بمساعدة خاصية التجلط Coagulation والتي تقفل الجروح وذلك نتيجة تكوين الجلطة .

تركيب الدم Composition of Blood :

يتركب الدم من مكونين رئيسيين هما الجزء السائل وهو البلازما Plasma والمكون الآخر هو خلايا الدم Blood cells والتي توجد معلقة ولكن غير متصلة ببعضها في البلازما .

(أ) البلازمـــا Plasma :

البلازما عبارة المادة بين الخلايا وهي محلول مائي لزج معقد التركيب لونه أصفر باهت. وتمثل البلازما نحو ٥٥–٧٠٪ من حجم الدم. وهي تضم سائل يسمى السيرم Serum وعامل تجلط يسمى الفيبرينوجين Fibrinogen كما أنها تحتوي عامل مضاد للتجلط Anticoagulant يسمى الهيبارين Heparin . وفي الإنسان تبلغ الكثافة النوعية للبلازما ١,٠٢٧ في حين أن كثافة الدم ١,٠٥٥ . وتتكون البلازما أساساً من الماء (٩٠٪) ومن مواد عضوية وغير عضوية (١٠٪).نسب هذه المواد موضح في جدول رقم ٤–١ .

المواد العضوية بالبلازما :

من أهم المركبات العضوية بالبلازما هي المشتقات البروتينية مثل الألبيومين، الجلوبيولين والفيبرنيوجين. وغالباً ما يكون تركيز الألبيومين أعلى ويساهم أساساً في تنظيم الضغط الأسموزي . الجلوبيولين يوجد في صورة ألفا ١ ، ٢ ، بيتا وجاما جلوبيولين.وهذه المركبات ضرورية لتكوين الأجسام المناعية المقاومة للأمراض.والفيبرنيوجين هام في

تجلط الدم . وتعمل بروتينات البلازما أيضاً كمواد منظمة تساعد على حفظ تفاعل الدم (pH) ثابت تقريباً ومقارب للتعادل . ولقد فصل من البلازما بعض البروتينات الأُخرى تقوم بوظائف هامة في الجسم تشمل البروثرومبين Prothrombin ، الثرمبوبلاستين Thremboplastin والأيزوهيموجليوتنين Isohaemoglutinins ، الأنجيوتنسينوجين Angiotinsinogen ، الأمينوجلوبيولين Aminoglobulins والهرمونات البروتينية المختلفة .

توجد بعض المركبات الأُخرى بالبلازما وهذه يمكن أن نضعها تحت قسمين : (١) المواد الغذائية والمساعدة مثل الجلوكوز ، الدهون ، الأحماض الدهنية ، والفيتامينات والهرمونات ، (٢) مخلفات عملية التمثيل الغذائي مثل اليوريا والنواتج الأخرى لتمثيل البروتينات وتكسير الخلايا عند حدوث التهابات .

جدول ٤-١ : متوسط تركيز بعض مكونات بلازما الدم

المكـــون	الحيـــــوان					
	الأبقار	الأغنام	الماعز	الخيل	الدواجن	الإنسان
الجلوكوز (مجم/١٠٠ مل)	٦٠	٦٠	٥٨	٨٥	٢٠٠	١٢٠
البروتين (جم/١٠٠ مل)	٧ر٧٥	٧ر٣	٧ر٢	٦ر٩	٤ر٦	٦ر٨
- البيومين	٣ر٤	٤ر٠	٤ر١	٣ر٣	١ر٨	٤ر٨
- جلوبيولين	٤ر٠	٣ر٠	٢ر٨	٣ر٣	٢ر٨	٢ر٣
- فيبرينوجين	٠ر٣٥	ر٣	٠ر٣	٠ر٣	-	ر٣
نيتروجين غير بروتيني (مجم/١٠٠ مل)	٣٠	٢٩	٣٧	٣٠	٢٨	٢٥
نيتروجين يوريا (مجم/١٠٠ مل)	٢٠	١٤	١٩	١٧	٠ر٧	٢٠
كرياتينين (مجم/١٠٠ مل)	١ر٥	١ر٥	١ر٥	١ر٥	١ر٥	١ر٥
كوليسترول (مجم/١٠٠ مل)	١٣٠	١٠٥	١٢٠	١٦٥	١١٥	٢٢٠
بيلوروبين (مجم/١٠٠ مل)	ر٨٥	ر٢٥	-	-	١ر٣	ر٥
صوديوم (مللي مكافيء/لتر)	١٤٢	١٤٦	١٥٠	١٥٦	١٤٢	١٤٣
بوتاسيوم (مللي مكافيء/لتر)	٤ر٨	٤ر٥	٥ر١	٤ر٦	٣ر٧	٤ر٦
كالسيوم (مللي مكافيء/لتر)	٥ر٧	٥ر٣	٥ر٣	٥ر٣	٥ر٥	٥ر٣
فوسفور (مللي مكافيء/لتر)	٤ر٥	٤ر٥	٤	٤ر٥	٤	٤
مغنسيوم (مللي مكافيء/لتر)	٢	٢ر١	٢ر٥	-	٢	١ر٤
كلوريد (مللي مكافيء/لتر)	١٠٤	١٠٠	١٠٥	١٢٤	١٠٥	١ر٣
حمض لاكتيك (مجم/١٠٠ مل)	١٢	١١	-	٥٢	١٣	١٢ر٥

المواد غير العضوية بالبلازما :

مكونات البلازما غير العضوية توجد ذائبة بالماء وتشمل كلوريدات وبيكربونات وفوسفات وكبريتات الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم والمغنسيوم . وتوجد أيضاً

كميات بسيطة من الحديد ، الفسفور واليود . وهذه المواد ضرورية لقيام أنسجة الجسم بوظائفها الطبيعية فمثلاً بدون كميات الكالسيوم لا يمكن تجلط الدم في الجروح .

ويمكن الحصول على بلازما الدم بالطرد المركزي لعينة الدم المضاف إليها مانع تجلط.الجزء الموجود في قاع الأنبوبة يكون لونه أحمر لترسب خلايا الدم الحمراء في حين أن الجزء العلوي يميل لونه للاصفرار وهو البلازما . فيما بين الجزءين يوجد خط أبيض رفيع يكون عبارة عن معظم خلايا الدم البيضاء . وإذا ترك الدم بعد أخذه بدون إضافة مانع تجلط فإنه يتجلط أو يتخثر طارداً سائل مصفر يسمى السيرم Serum يشبه البلازما في التركيب فيما عدا خلوه من الفيبرينوجين .

(ب) خلايـا الـدم Blood Cells :

يحتوي دم الفقاريات على ثلاثة أنواع من الخلايا هي خلايا الدم الحمراء Red blood cells (RBC) وخلايا الدم البيضاء White blood cells (WBC) وصفائح الدم Platelets . والأصل الجنيني لمصدر هذه الخلايا واحد وهو النسيج البطاني الشبكي Reticuloendothelial tissue والذي ينشأ منه نوعين من الخلايا (١) خلايا لمفية شبكية وهذه ينشأ عنها الأنسجة التي تكون الخلايا البيضاء اللمفية ، (٢) خلايا نخاعية Myeloblast وهذه ينشأ عنها الأنسجة التي تكون باقي خلايا الدم . عدد خلايا الدم في الأنواع المختلفة من الحيوانات موضح بجدول رقم ٤-٢ .

جدول ٤-٢ : متوسط قيم خلايا الدم في الحيوانات

الحيوان	العدد الكلي		التوزيع النسبي للخلايا البيضاء (٪ من العدد الكلي)				
	خلايا حمراء $\times 10^{6}$	خلايا بيضاء $\times 10^{3}$	متعادلة	لمفية	وحيدة	أيوسينية	قاعدية
الإنسان	٥	٧ر٥	٦٥	٢٥	٦	٣	١-ر٥
الأبقار	٧	٨	٢٨	٥٨	٤	٩	١-ر٥
الأغنام	١٢	٨	٣٠	٦٢	٢ر٥	٥	ر٥
الماعز	١٣	٩	٣٦	٥٦	٢ر٥	٥	ر٥
الجاموس	٧	٩	٣٥	٥٤	٤	٤	ر٥
الجمال	٢ر٨	٢٠	٣٨	٤٦	٥	٩	ر٥
الخيول	٩ر٥	٩	٤٩	٤٤	٤	٤	ر٥
الخنازير	٦ر٥	١٦	٣٨	٥٣	٥	٣	ر٥
الدواجن	٣	٢٥	٣٠	٥٥	١	١٠	٣
القطط	٦ر٨	١٢ر٥	٦١	٣٢	٣	٥	نادر

١ – خلايا الدم الحمراء Red Blood cells (RBC) :

توجد فقط في الأوعية الدموية . وهي في الثدييات قرصية الشكل مستديرة وعديمة النواة (شكل ٤-١) ومقعرة من الجانبين مما يساعد على زيادة مسطح جدارها وبالتالي سهولة تبادل الغازات عبر غشاء الخلية . وخلايا الكلاب واضحة التقعر في حين أن التقعر بسيط في الخيول والقطط وينعدم التقعر في المجترات والخنازير.وتتميز الجمال عن غيرها من الحيوانات المستأنسة في احتوائها على خلايا حمراء بيضاوية الشكل . والخلايا الحمراء غير متحركة ولكن جدرها مطاطة مما يساعد على تغير شكلها خاصة أثناء مرورها خلال شعيرات الدم الدقيقة .

الخلية الحمراء مثل البالون الذي يحتوي على نسيج شبكي مرن Elastic stroma يحتوي على الهيموجلوبين Haemoglobin في المسافات البينية . ويحيط النسيج الأساسي غشاء مرن يتركب من مواد دهنية بروتينية وغير منفذ للغرويات ولأيونات الصوديوم والبوتاسيوم ولكنه يسمح بمرور أيونات الكلوريد والبيكربونات والأيدروكسيل والأيدروجين واليوريا والجلوكوز .

حجم الخلايا يختلف في الأنواع الحيوانية المختلفة . فأكبر الخلايا حجماً (٧ ميكرون) توجد في الكلاب وأصغرها (٤ ميكرون) توجد في الماعز . كما أن عددها يختلف ليس فقط باختلاف النوع (جدول ٤-٢) ولكن توجد اختلافات كبيرة داخل نفس النوع تبعاً للسلالة ، العمر ، الجنس ، النشاط ، الحالة الغذائية والحالة الإنتاجية والحالة الجوية .

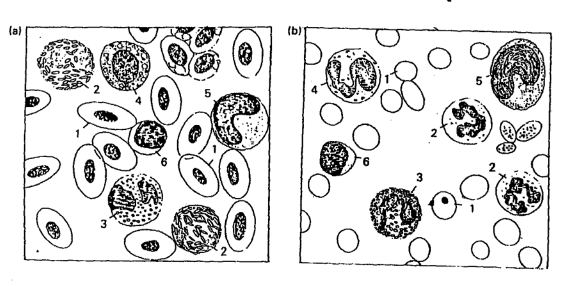
تحتوي خلايا الدم الحمراء على نحو ٦٠٪ من حجمها ماء والجزء الباقي (٤٠٪) يكون عبارة عن مواد صلبة أهمها الهيموجلوبين والذي يكون نحو ٩٠٪ من المواد الصلبة بالخلايا الحمراء . وتتراوح نسبة الهيموجلوبين بين ٩-١٢ جم/١٠٠ مل دم تقريباً ولكنها تتأثر بنوع الحيوان فتكون ٥ر١٢٪ في الماشية ، ١١٪ في الأغنام ، ٥ر١٢ في الخيول و ١٠٪ في الدواجن . وهناك بعض العوامل مثل الجنس ، العمر ، فصل السنة والحالة الصحية والإنتاجية تؤثر على هذه النسبة .

وجود الهيموجلوبين بالخلايا الدموية الحمراء هو المسئول عن لونها الأحمر وقابليتها لنقل الأكسجين . فهو يتكون من صبغة الهيم Heme المحتوية على حديد بنسبة ٥٪ وجزء بروتيني هو الجلوبين Globin بنسبة ٩٥٪ (شكل ٤-٢) . وكل خلية حمراء تحوي حوالي ١٨٠ مليون جزيء هيموجلوبين وكل جزيء منهم يمكنه أن يقبل ٤ جزيئات أكسجين . وإذا تصورنا أن البلازما تنقل الأكسجين في غياب الهيموجلوبين فإن

حجمها يجب أن يزيد إلى نحو ٧٠ مرة لتنقل القدر الكافي من الأكسجين . ويتم التقاط الأكسجين بواسطة الهيموجلوبين في الرئتين لتكوين أكسي هيموجلوبين Oxyhaemoglobin . تحرر الأكسجين للأنسجة يؤدي لتكوين الهيموجلوبين المختزل . هذه العلاقات يمكن توضيحها في المعادلة التالية :

$$Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$$

الهيموجلوبين يمكنه أيضاً أن يتحد مع ثاني أكسيد الكربون لتكوين مركب الكربامينو هيموجلوبين $Hb + Co_2 \rightleftharpoons HbCo_2$.ويمكن أيضاً للهيموجلوبين أن يتحد مع أول أكسيد الكربون مكوناً كربوكس هيموجلوبين Carboxyhaemoglobin وهو لا يستطيع حمل الأكسجين ويموت الحيوان خنقاً رغم أن الدم يكون لونه أحمر فاقع . وهناك مشتق آخر هو الميتهيموجلوبين Methaemoglobin يتكون من أكسدة الحديدوز الموجود بالهيموجلوبين إلى حديديك.ويعتبر هذا المشتق ناتج أكسدة حقيقية للهيموجلوبين ولا يستطيع نقل أكسجين لأن الحديد في صورة حديديك (Fe^{+++}) وليس في صورة حديدوز (Fe^{++}) . ويوجد الهيموجلوبين أيضاً في العضلات ويسمى ميوجلوبين Myoglobin وهو الذي يعطي العضلات اللون الأحمر المميز . وتختلف نسبة وجوده حسب العمر حيث تزيد بتقدم العمر وكذلك حسب النشاط العضلي فتزيد نسبته في العضلات النشطة مثل تلك الموجودة في الأطراف .



شكل ٤-١ : تركيب وشكل بعض خلايا الدم : (a) في الدواجن و (b) في الثدييات (القط)
[١ - خلايا حمراء ، ٢ - خلايا متعادلة ، ٣ - خلايا أيوسينية ، ٤ - خلايا قاعدية ، ٥ - خلايا وحيدة و ٦ - خلايا لمفية صغيرة] (عن هيث وأولبيسانيا)

شكل ٤-٢ : تركيب جزئي الهيموجلوبين (عن فراندسون)

الخلايا الحمراء تعيش بعد تكونها في خلايا نخاع العظام نحو ١٢٠ يوم في الإنسان ، ٥٠ يوم في الأرانب والفئران ونحو ١٢٠ يوم في الكلاب . ويتم إتلاف هذه الخلايا في الجهاز البطاني الشبكي Reticuloendothelial System وهو عبارة عن خلايا التهامية توجد مبعثرة في الكبد والطحال ونخاع العظام . وفي الحيوان الذي وزنه ٤٥٠ كيلوجرام وعلى أساس أن عمر الخلية ١٠٠ يوم فإن الحيوان يفقد ويخلق نحو ٣٥ مليون خلية كل ثانية .

يؤدي نقص عدد الخلايا الحمراء أو انخفاض معدل تكوينها إلى الإصابة بالأنيميا Anaemia وهو عرض تتعدد مسبباته ولذلك تأخذ عدة مسميات مثل : (١) الأنيميا الخبيثة الراجعة لنقص فيتامين ب ١٢ . (٢) أنيميا نقص الحديد اللازم لتكوين الخلايا الحمراء . (٣) أنيميا غذائية وتنجم عن سوء التغذية وخاصة البروتين . (٤) أنيميا نخاعية وتنجم عن فشل نخاع العظم في تكوين الخلايا الحمراء نتيجة التعرض للأشعة الذرية أو غيرها من الأشعة الضارة .

٢ – خلايا الدم البيضاء White blood cells (WBC) :

هذه الخلايا كروية الشكل وعديمة اللون ولذلك تسمى Leucocytes وتحتوي نواه وحجمها غالباً ما يكون أكبر من الخلايا الحمراء إذ يتراوح بين ٨ – ٢٥ ميكرون (شكل ٤-١). وخلافاً عن الخلايا الحمراء التي تسير بسرعة في منتصف الوعاء الدموي فإن الخلايا البيضاء تسير وتتحرك بجوار جدر الأوعية الدموية . وهذه الخلايا يمكنها التحرك بحرية عبر جدر الشعيرات الدموية الصغيرة للأنسجة المحيطة حيث تقوم بوظائفها الهامة .

ومن أهم وظائف خلايا الدم البيضاء حماية الجسم من الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والمركبات الغريبة وهذا يتم إما عن طريق ابتلاع الجسم الغريب Phagocytosis أو عن طريق إفراز أجسام مضادة تعادل المواد السامة التي تفرزها البكتريا .

عدد الخلايا البيضاء قليل مقارناً بالخلايا الحمراء حيث توجد خلية بيضاء مقابل ٦٠٠ خلية حمراء . وتتكون هذه الخلايا البيضاء في النخاع الأحمر للعظام وفي الغدد الليمفاوية .

ويمكن تقسيم الخلايا البيضاء إلى قسمين رئيسيين هما الخلايا البيضاء المحببة Granulocytes والخلايا البيضاء غير المحببة Agranulocytes وذلك اعتماداً على وجود أو غياب حبيبات مرئية بالسيتوبلازم . وتظل الخلايا المحببة نشطة لفترة تتراوح بين ١٠ ساعات إلى ٣ أيام في حين أن الخلايا غير المحببة تظل لمدة تتراوح بين ١٠٠-٣٠٠ يوم .

الخلايا البيضاء المحببة Granulocytes : عبارة عن خلايا كبيرة الحجم ونواتها مقسمة إلى أجزاء يختلف عددها حسب درجة نضج الخلية . وتوجد حبيبات خاصة كبيرة بالسيتوبلازم وتنتج هذه الخلايا من نخاع العظام . وتنقسم الخلايا المحببة إلى ثلاثة أنواع اعتماداً على قابلية الحبيبات للصبغ وهي الخلايا المتعادلة Neutrophils ، الأيوسينية (الحامضية) Eosinophils والقاعدية Basophils .

(أ) الخلايا المتعادلة : أطلق عليها هذا الاسم لأن محتوياتها تشاهد فقط مع استخدام الصبغات المتعادلة ولذلك تسمى Heterophils أو الخلايا البيضاء مفصصة النواه (٣-٥ فصوص) Polymorphonuclear leucocytes وعددها يختلف حسب نوع الحيوان . الحبيبات الموجودة بالسيتوبلازم عبارة عن ليسو سومات محتوية على أنزيمات محللة . هذا النوع من الخلايا متحرك وتصل سرعة حركته نحو ٤٠ ميكرون في الدقيقة . الوظيفة الأساسية للخلايا المتعادلة هو التهام الأجسام الغريبة أو البكتريا عند حدوث الالتهاب أو العدوى .

(ب) الخلايا الأيوسينية : يحتوي سيتوبلازم هذا النوع من الخلايا على حبيبات تصبغ بالصبغات الحامضية مثل الأيوسين . وعدد الحبيبات وشكلها يختلف بين الأنواع وتحتوي هذه الحبيبات على أنزيمات محللة . والنواه مفصصة (فصين) وتصبغ بلون قرمزي غامق . وعددها قليل في الحيوانات الطبيعية ولكن عددها يزيد في حالة الإصابة بالأمراض الطفيلية وفي أمراض الحساسية حيث أن دورها يظهر في تكسير وإزالة سمية السموم ذات الأصل البروتيني .

(جـ) الخلايا القاعدية : أقل الخلايا المحببة عدداً وتحتوي حبيبات كبيرة الحجم منتشرة تصبغ بالصبغات القاعدية . النواه غالباً ما تكون مفصصة (على شكل حرف S) . وتحتوي هذه الخلايا على الهيبارين والهستامين ولكن دورها غير معروف تماماً ، غير أنها تزيد في حالة مرض جدري الدواجن .

الخلايا البيضاء غير المحببة Agranulocytes : هذه الخلايا لا تحتوي على حبيبات بالسيتوبلازم والنواه غير مفصصة . وتنقسم هذه الخلايا إلى نوعين هما الخلايا اللمفية Lymphocytes ، والخلايا وحيدة النواه Monocytes .

(أ) الخلايا اللمفية : عددها يختلف حسب نوع الحيوان وتخلق أساساً بالغدد الليمفاوية وجزئياً بالطحال والغدد التيموسية والأغشية المخاطية . الخلايا اللمفية الموجودة بالدورة الدموية مختلفة الأشكال . الخلايا اللمفية الصغيرة تحتوي على نواه كبيرة تصبغ بلون غامق يحيط بها إطار رقيق من السيتوبلازم . الخلايا اللمفية الأكبر والتي ربما يصعب تميزها عن الخلايا الوحيدة تحتوي على نواه كبيرة أقل كثافة ويحيط بها سيتوبلازم أكثر . الخلايا اللمفية الصغيرة تكون ناضجة وأقل في النشاط الفسيولوجي وقد تتحول مرة أخرى إلى النوع الأكبر أو إلى خلايا البلازما كجزء من الاستجابة المناعية . وفي بعض الحيوانات كالمجترات يكون كلاً من نوعي الخلايا اللمفية الكبيرة والصغيرة شائع في الدورة الدموية ولكن في الحيوانات الأخرى يكون النوع الصغير هو الشائع . وأهم وظائف الخلايا اللمفية هو إنتاج الأجسام المضادة .

(ب) الخلايا وحيدة النواه : هذه الخلايا أكبر الخلايا البيضاء حجماً . وتوجد فيها نواه ذات شكل بيضاوي أو تشبه حبة الفاصوليا . والسيتوبلازم غني نسبياً . وتخلق هذه الخلايا في نخاع العظام والغدد اللمفاوية والأنسجة الضامة وتقوم بدور التهامي مثل الخلايا اللمفية وكذلك تلعب دوراً هاماً في تجهيز المواد مولدة المضاد (الأنتيجينات) للإنتاج الأجسام المضادة بواسطة خلايا البلازما والخلايا اللمفية . وعندما تذهب الخلايا الوحيدة للأنسجة فإنها تتحول إلى خلايا التهامية كبيرة

Macrophages وتصبح جزء من نظام الخلايا الالتهامية وحيدة النواه والذي يوجد في أجزاء مختلفة من الجسم ويسمى حسب موقعه فيسمى خلايا كيفر Kupffer cells بالكبد أو الخلايا الضامة العصبية الصغيرة Microglial cells بالجهاز العصبي المركزي .

٣ - الصفائح الدموية Platelets :

عبارة عن أجسام بيضاوية أصغر حجماً من خلايا الدم الأخرى حيث يبلغ قطرها نحو ٢-٣ ميكرون . وتختص هذه الأجسام بتجلط الدم خاصة في أماكن الجروح حيث تلتصق لتكون سداده في الأوعية الدموية المصابة . كما أنها مسؤولة عن تكوين الثرمبوبلاستين Thromboplastin الضروري لتكوين الجلطة . وهي أيضاً تحوي هرموني الأدرينالين والسيروتونين اللذين يسببا تقلص الشرايين الصغيرة . والصفائح الدموية لا تحتوي نواه فهي عبارة عن أجزاء لخلايا نخاع العظام المسماه بالخلايا العملاقة Megakaryocytes التي تنتجها . وهي توجد في الثدييات بإعداد كبيرة تبلغ ٢٠٠-٦٠٠ ألف/مم٣ وعمرها قصير ويتراوح بين ٢-٥ أيام . والحيوانات الفقارية الواطئة تحتوي خلايا مغزلية وذات نواه تسمى ثرمبوسيت Thrombocytes تقوم بوظائف الصفائح الدموية .

خواص الدم Blood characteristics :

للدم خواص عديدة تميزه عن سوائل الجسم الأخرى ويمكن تلخيص أهم هذه الخواص في الآتي :

١ - حجم الدم Blood volume :

كمية الدم الموجودة بجسم الحيوان تختلف في الأنواع المختلفة من الحيوانات وأيضاً في الظروف الفسيولوجية والبيئية المختلفة . وتتراوح في المتوسط بين ٦-٩٪ من وزن الجسم (جدول ٤-٣) . وفي الظروف العادية لا يسري الدم كله بالدورة الدموية فهي تحتوي فقط نحو ٥٠٪ من كمية الدم والجزء الباقي يخزن بالكبد (٢٠٪) والطحال (٢٠٪) والجلد (١٠٪) . النسبة بين كمية الدم الموجودة بالدورة الدموية والمخزنة ليست ثابتة فهي تعتمد على الحالة الفسيولوجية ونشاط الحيوان ، حيث أنه عند النشاط الزائد أو عند حاجة الأنسجة للدم تزيد كمية الدم التي تسير بالأوعية الدموية . ويتوزع الدم الموجود بالدورة الدموية في الدورة الجهازية (٨٤٪) والدورة الرئوية (٩٪) والقلب (٧٪) .

جدول ٤-٣ : كمية الدم والبلازما بجسم الحيوانات المختلفة

الحيوان	٪ من وزن الجسم		الحيوان	٪ من وزن الجسم	
	الدم	البلازما		الدم	البلازما
الإنسان	٧ر٥	٥	الأغنام	٦ر٧	٤ر٧
الخيل	١٠ر٣	٦ر٣	القط	٦ر٧	٤ر٧
الكلب	٩ر٢	٥	الدواجن	٦ر٥	٤ر٦
الماعز	٧ر١	٥ر٦	الماشية	٦ر٢	٣ر٧

كمية الدم بالجسم لا يمكن معرفتها بترك الحيوان ينزف حتى الموت نظراً لأن كمية من الدم تبقى بالأوعية الدموية ولا تزال تماماً حتى باستعمال الغسيل . ولذلك تستعمل طرق تعتمد على قاعدة التخفيف Dilution procedures حيث يحقن مقدار معين من مادة خاصة بالدم مثل صبغة إيفانز الزرقاء Evans blue أو الأيودين المشع I^{131} حيث يرتبطا مع بروتينات البلازما . وبعد فترة معينة يعاد تقدير هذه المادة بالبلازما ومن هذه القيم يحسب حجم البلازما . وبمساعدة معرفة قيمة الهيماتوكريت (PCV) يمكن معرفة حجم الدم وذلك بعد إجراء تصحيح لقيمة الهيماتوكريت بضربها في معامل تصحيح ٨٧ر نظراً لكمية البلازما التي تهرب منها . كما يمكن معرفة حجم الدم بمعلومية حجم خلية الدم الحمراء وقيمة الهيماتوكريت . وحجم الخلية الحمراء يحسب بحقن مادة مشعة مثل الفوسفور P^{32} ، الحديد Fe^{59} أو الكرميوم Cr^{51} حيث ترتبط مع الخلايا الحمراء . ومن ذلك يقدر تخفيف الخلايا المعلمة مع الوقت . ويتم حساب حجم البلازما والدم بإستخدام المعادلات التالية :

حجم البلازما = مقدار المادة المحقونة ÷ تركيز المادة المحقونة بالملليلتر

حجم الدم = حجم البلازما × ١٠٠ ÷ (١٠٠ - (٨٧ر × PCV))

أو حجم الدم = حجم خلية الدم الحمراء × ١٠٠ ÷ (٨٧ر × PCV)

٢ – الكثافة النوعية للدم Specific gravity of blood :

الكثافة النوعية عبارة عن نسبة وزن مادة معينة لوزن حجم مساوي من الماء . وهي تقدر عادة باستخدام جهاز الهيدرومتر Hydrometer . المادة التي تزن أقل عن وزن حجم مساوي لها من الماء يكون وزنها النوعي أقل من واحد في حين أنه إذا زاد وزنها عن وزن الحجم المساوي من الماء فيكون وزنها النوعي أعلى من واحد. والدم الكامل تكون كثافته أعلى قليلاً من الماء وهذا يرجع أساساً لخلايا الدم . والخلايا الحمراء تكون أثقل من الخلايا البيضاء وكلاهما أثقل من الماء . وتختلف الكثافة النوعية للدم باختلاف أنواع الحيوانات حيث تكون نحو ١٫٠٤٢ في الأغنام ، ١٫٠٤٣ في الماشية ، ١٫٠٥٩ في الكلاب ، ١٫٠٦٠ في الخيول ونحو ١٫٠٥٩ في الإنسان .

٣ – تفاعل الدم Reaction of Blood :

تفاعل الدم أو درجة الـ pH تشير لتركيز أيونات الأيدروجين بالدم والتي منها يعرف مدى حموضة أو قلوية الدم . وفي الماء المقطر تكون أيونات الأيدروجين (H^+) وهي الحامضية معادلة للأيونات الأيدروكسيل (oH^-) وهي القاعدية وبالتالي فإن تفاعل الماء (pH) تكون قيمته ٧ مما يشير إلى التعادل .

تفاعل الدم أو قيمة الـ pH يتراوح بين ٧٫٣٥ – ٧٫٤٥ وبذلك فهو يميل قليلاً للقلوية والدم الشرياني أكثر قلوية من الدم الوريدي كما أن بلازما الدم أكثر قلوية من خلايا الدم . تغير تفاعل الدم يكون ضعيف وفي حدود ضيقة بسبب وجود المنظمات الكيماوية وأهمها بيكربونات الصوديوم . حيث تتفاعل المواد المنظمة مع الأحماض وتنتج أملاح متعادلة وحامض أو قلوي ضعيف . وهذا يتضح من نظام بيكربونات الصوديوم وحامض الكربونيك الموضح في المعادلتين التاليتين :

$$Hcl + NaHCo_3 \rightleftharpoons Na\,cl + H_2\,Co_3$$

$$NaoH + H_2Co_3 \rightleftharpoons Na\,H\,Co_3 + H_2o$$

هذه القابلية لمعادلة الأحماض تنتج من عمليات التمثيل ويشار إليها بالاحتياطي القلوي كمرادف لتوافر البيكربونات بالدم . ثاني أكسيد الكربون يزاح من الدم عندما يمر بالرئة ، وزيادة التهوية Hyperventilation بإزالة كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون ينتج عنها قلوية مؤقتة تعرف بالقلوية التنفسية Respiratory alkalosis . وفي بعض الحالات المرضية أو الفسيولوجية فإن الاحتياطي القلوي يقل بدرجة تسبب حدوث حالة حموضة Acidosis بالدم تنجم عن وجود زيادة من ثاني أكسيد الكربون بالدم .

٤ – سرعة ترسيب الخلايا الحمراء Erythrocyte Sedimentation rate (ESR) :

عبارة عن اختبار يجري للمساعدة في تشخيص الحالة الصحية للحيوان . حيث يضاف للدم مانع تجلط ويوضع هذا الدم في أنابيب تترك رأسية أو مائلة للإسراع من ترسيب خلايا الدم الحمراء وخاصة مع المجترات . وتختلف سرعة الترسيب في أنواع الحيوانات فهي أبطأ في الحيوانات المجترة عن وحيدة المعدة حيث تكون حوالي ١٠-٢٠ دقيقة في الخيول ، ساعة ونصف في الكلاب ، ١ ساعة في القطط وحوالي ٧ ساعات في الماشية .

التغير في سرعة ترسيب الدم لا يشير إلى وجود حالة مرضية ولكنه يساعد في تقييم الحالة الصحية للحيوان . فقد يترسب الدم بسرعة ولا يظهر على الحيوان أي عرض مرضي وقد تكون قيم الهيموجلوبين والهيماتوكريت عادية . ولكن عادة ما يلاحظ أن سرعة الترسيب تزيد في حالات العدوى العامة الحادة ، مع وجود الأمراض والأورام الخبيثة ، حالات الالتهاب ، نقص نشاط الدرقية وكذلك خلال الحمل .

٥ – الحجم المعبأ لخلايا الدم Packed cell volume (PCV) :

حجم خلايا الدم عادة ما يكون أقل من حجم البلازما . قيم هذه العلاقة التي تسمى أيضاً بقيمة الهيماتوكريت Haematocrit يحصل عليها بإجراء الطرد المركزي لعينة الدم التي عليها مانع للتجلط والموضوعة في أنابيب شعرية . وبعد ذلك يلاحظ في قاع الأنبوبة طبقة الخلايا الحمراء تعلوها طبقة البلازما ويوجد بين الطبقتين طبقة رقيقة من الخلايا البيضاء . ويعبر عن قيمة الـ PCV كنسبة مئوية من حجم الدم الكامل حيث تتراوح قيمها في الحيوانات المستأنسة بين ٣٨-٤٥٪ . وتوجد هناك اختلافات نوعية بين الحيوانات حيث تكون في الخيول ٣٥-٣٨٪ ، الأبقار ٣٢-٣٥٪ . عندما يحدث تركيز لمكونات الدم خلال العطش ، الاختناق أو الإثارة بسبب تحرر خلايا الدم الحمراء من الطحال فإن هذا يؤدي لزيادة قيم الهيماتوكريت حيث أن الإثارة تؤدي لتحرر الابنفرين الذي يعمل على تقلص الطحال . وتبلغ قيمة الهيماتوكريت نحو ٣ أضعاف قيمة الهيموجلوبين مقدرة في صورة جرام/١٠٠ مل .

٦ – لزوجة الدم Blood viscosity :

تعتمد لزوجة الدم على محتواه من خلايا الدم الحمراء وبروتينات البلازما . وعليه فإن قيمة الهيماتوكريت تعتبر دليلاً على لزوجة الدم . وغالباً ما تكون لزوجة الدم في الأوعية الدموية الكبيرة أعلى من الشعيرات الدموية لاحتوائها على عدد كبير من خلايا

الدم . وتتراوح لزوجة الدم بين ٣-٦ مرات قدر لزوجة الماء وذلك باعتبار أن لزوجة الماء تقدر بواحد . وتزيد لزوجة الدم في الأمراض التي فيها تحدث زيادة في بروتينات البلازما مثل الأمينوجلوبيولين وكذلك في مرض تكور خلايا الدم الحمراء الوراثي Spherocytosis والذي فيه تصبح خلايا الدم الحمراء جامدة بصورة غير طبيعية .

٧ - الضغط الأسموزي للدم Osmotic pressure :

الضغط الأسموزي للدم غالباً ما يعادل الضغط الأسموزي لمحلول كلوريد صوديوم تركيزه ٩ر٠٪ وهو تقريباً ٧ ضغط جوي . ويتوقف الضغط الأسموزي أساساً على وجود أيونات الصوديوم Na^+ وما يصاحبها من أيونات الكلوريد (Cl^-) والبيكربونات (HCO_3^-) أما الكاتيونات والأنيونات الأخرى فدورها بسيط . ويساهم الجلوكوز وبروتينات البلازما مساهمة بسيطة في الضغط الأسموزي لكبر حجمهم الجزيئي . غير أن مشتقات البروتين مثل اليوريا تساهم بدرجة أكبر في أسموزية البلازما . ومساهمة خلايا الدم في الأسموزية ضعيف ولذلك يمكن الحكم على أسموزية الدم من أسموزية البلازما .

وتقدر الأسموزية بطريقة الانخفاض في درجة التجميد Freezing point depression حيث أن درجة تجمد البلازما تكون عند - ٥٤ر٠م وهو ما ميعادل ٢٩٠ مللي أسمول/لتر وهو ما يعادل ٣ر٧ ضغط جوي . والأسمول عبارة عن الوزن الجزيئي لمادة معبراً عنه بالجرامات مقسوماً على عدد الجسيمات حرة الحركة لكل جزيء متحرر في المحلول (المللي اسمول = $\frac{١}{١٠٠٠}$ اسمول) . والأسموزية Osmolality لمحلول تقدر بالدرجة التي يمكن فيها للمحلول تخفيض درجة التجمد عن درجة تجمد الماء . ونقص الأسموزية كما يحدث عند حقن محاليل منخفضة الأسموزية Hypotonic يؤدي لتحلل خلايا الدم الحمراء لانفجار جدرها . كما أن زيادة الأسموزية Hyperosmolality قد تسبب الغيبوبة .

تجلط الدم Blood coagulation :

يتميز الدم بقدرته على التجلط clotting./فخلال سريان الدم بالأوعية الدموية لا يتجلط ولكنه عندما يتسرب من الأوعية الدموية أو يتعرض للبيئة الخارجية يتحول إلى كتلة جيلاتينية تسمى جلطة دموية Blood clot . والجلطة الدموية تتكون أولاً بتجاذب صفيحات الدم وتكوين الفيبرين . وتحتوي الجلطة أيضاً على خلايا دموية حمراء وبيضاء داخل الشبكة الفيبرينية .

الطريقة التي تحدث بها الجلطة غير معروفة تماماً ولكن النظرية السائدة أن تكوين الجلطة يمر في ثلاثة مراحل هي : (١) تكوين أنزيم الثرومبوبلاستين Thromboplastin (الثرمبوكيناز Thrombokinase) ، (٢) تكوين الثرومبين Thrombin و (٣) تكوين الفيبرين Fibrin . وتتميز عملية تكوين الجلطة بأنها من التفاعلات المتسلسلة والتي فيها يوجد أربعة عوامل تمثل أساس العملية (عامل I - الفيبرينوجين ، عامل II - بروثرومبين ، عامل III - ثرومبوبلاستين وعامل VI الكالسيوم) . غير أن هناك عوامل أخرى تتضمنها هذه العملية وموضحة في الجدول رقم ٤-٤ . معظم هذه العوامل تنشط وتساهم في سلسلة من التفاعلات الأنزيمية والتي فيها يقوم العامل النشط بتنشيط العامل التالي .

عملية التجلط يمكن أن تتم عن طريق مسلكين تبعاً لطريقة تكوين الثرمبوبلاستين فقد يتكون الثرمبوبلاستين من الأنسجة (خارجي) Extrinsic وذلك عندما يؤدي ضمور جدر الأوعية وتلف الخلايا لنزيف في الأنسجة أو قد يتكون من البلازما نفسها (داخلي) Intrinsic وهو ينشأ بعد أن يحتك الدم بأي سطح غريب خلاف جدران الأوعية الدموية (حالة غير طبيعية) . تكوين الثرميوبلاستين الخارجي (من الأنسجة) عادة ما يلزمه بالإضافة للكالسيوم عاملين يوجدا في جلوبيولين البلازما وهما العامل V الذي يوجد في البلازما الطازجة وليس في السيرم والعامل VII الموجودة بالبلازما والسيرم . هذه العوامل أحياناً يشار إليها كمسرعات لتحول البروثرومبين . حيث أنه في غيابهما يتم التحول للثرومبين ببطيء شديد ونقص أيهما يطيل مدة التجلط . أما تكوين الثرمبوبلاستين الداخلي (داخل أوعية الدم) فإنه يحدث نتيجة لسلسلة من التفاعلات بين عدد من العوامل البلازمية كما هو موضح في شكل رقم ٤-٣ . هذه التفاعلات تحتاج لعدة دقائق خلالها لا يتكون ثرومبين . عامل كريستماس IX وجدانه ينشط بواسطة عاملين آخرين هما عامل هيمجان XII وعامل ثرميوبلاستين البلازما السابق (XI) . عامل البروكونفرتين VII الذي هو مسرع للثرمبوبلاستين الخارجي لا يلزم لتكوين الثرمبوبلاستين الداخلي في حين أن العاملين X والعامل V يوجدا في كلا الحالتين .

الفيبرينوجين ، البروثرومبين والكالسيوم يسيروا في الدم بصفة دائمة حتى تتحرر أو تتكون كمية كافية من الثرمبوبلاستين لتتفاعل مع البروثرومبين والكالسيوم لتكوين الثرومبين النشط . ويتفاعل الثرومبين النشط مع الفيبروينوجين لتكوين كتلة تشبه الخيوط من خثرة الفيبرين الطري والتي يؤثر عليها العامل مثبت الفيبرين XIII لينتج خثرة جامدة . ويمكن تلخيص خطوات تكوين الجلطة في المعادلات التالية :

جدول ٤-٤ : العوامل الداخلة في تكوين جلطة الدم

الرقم	الاسم الشائع	طبيعته ودوره
I	الفيبرينوجين	بروتين وزنه الجزيئي ٤٠٠-٥٠٠ ألف ويتكون بالكبد ويوجد في صورة ميسليا تتحد عند تكوين الجلطة لتكوين فيبرين بمساعدة الثرومبين .
* II	البروثرومبين	جليكوبروتين وزنه الجزيئي ٦٩ ألف ويتكون بالكبد بمساعدة فيتامين K ويتحول إلى ثرومبين .
III	الثرمبوبلاستين	ليبوبروتين يتكون بالصفائح الدموية وخلايا الأنسجة ويشجع تحول البروثرومين إلى ثروبين .
IV	أيونات الكالسيوم	هام لتكوين منشط البروثروبين وتكوين الفيبرين غير الذائب .
V	أكسيليريتور جلوبيولين	ضروري لتحول البروثرومبين إلى ثرومبين .
* VII	البروكونفرين	ضروري لتكوين منشط البروثرومبين .
VIII	انتي هيموفيليك جلوبيولين	ضروري لتكوين منشط البروثرومبين ونقصه يسبب سيولة الدم .
* IX	عامل كريستماس	ضروري لتكوين منشط البروثرومبين ونقصه يسبب النزيف الوراثي .
* X	عامل ستيوارت	يوجد بالبلازما والسيرم ونقصه مسؤول عن حالة النزيف .
XI	ثرمبوبلاستين البلازما السابق	مسؤول عن تكوين منشط البروثروبين ويوجد بالبلازما والسيرم ونقصه يسبب النزيف .
XII	عاما هيجمان	يلزم لتكوين منشط البروثرومبين ويوجد بالبلازما والسيرم ونقصه يسبب بطيء التجلط .
XIII	فيبريناز	أنزيم يسبب تجمع الفيبرين الذائب في صورة فيبرين غير ذائب ونقصه يسبب النزيف .

+ العوامل الأربعة الأول تعرف باسمها ولكن العوامل الأخرى تعرف بأرقامها الرومانية .

* هذه العوامل تتأثر بالعقاقير المضادة للتجلط (الكومارينات والأندانديونات) والمستعملة في علاج أمراض تجلط الدم .

بروثرمبوبلاستين ← بروكونفرتين ← ثرمبوبلاستين

بروثرومبين ← ثرومبين

فيبرينوجين ← جزيئات فيبرين

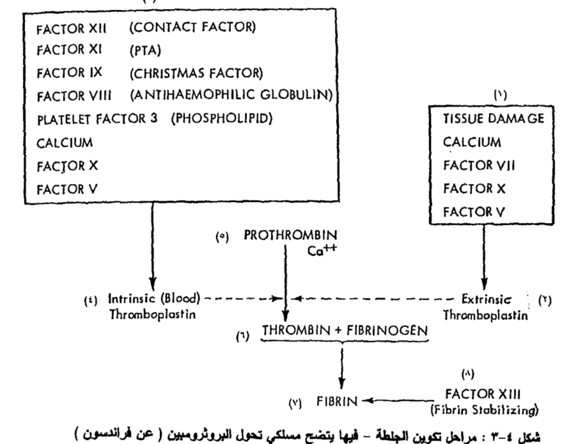
جزيئات فيبرين ← العامل XIII ← جلطة فيبرين غير ذائبة

وهناك عدد من العوامل يمكن أن تمنع تجلط الدم مثل تقليب الدم بقضيب زجاجي يجزىء الفيبرين وكذلك تبريد الدم لدرجة الصفر يؤخر التجلط لتداخله مع تكوين الثرمبوبلاستين . إضافة أملاح الأكسالات والسترات تتداخل مع تكوين الجلطة لمنعها أيونات الكالسيوم من المساهمة في تكوين الجلطة . هذه العوامل كثيراً ما تستعمل في منع أو تأخير تجلط الدم المأخوذ من الحيوانات .

ويحدث النزيف Bleeding أو فقد الدم عند تعرض الحيوان لضرر يؤدي لانسياب الدم من الدورة الدموية . وقد يحدث النزيف داخل جسم الحيوان مثل نزيف داخل تجويف الجمجمة أو التجويف البريتوني . كما قد يحدث النزيف لخارج جسم الحيوان . ويؤدي النزيف لفقد كمية من الدم يمكن أن يعوضها الجسم إذا لم يزيد مقدار الفقد عن ٣٠٪ من دم الجسم كله . وتزداد خطورة النزيف إذا حدث من الشرايين وبسرعة كبيرة . ويمكن للجسم أن يعوض الدم المفقود نتيجة النزيف إذا كان أقل من ٣٠٪ من دم الجسم وذلك نتيجة تكوين الجلطة التي توقف انسياب الدم وكذلك بزيادة سرعة القلب وعمق التنفس . كما يحدث انقباض للطحال لدفع الدم المخزن للدورة الدموية وتنقبض الأوعية الدموية بالجلد والأحشاء الداخلية لتقليل حجم الدم بهذه الأعضاء . على أن الجسم يقوم أيضاً بتعويض فقد الدم بطرق بطيئة تشمل امتصاص سوائل الأنسجة وتخليق بروتينات جديدة بالبلازما أولها الفيبرين ثم الجلوبيولين ثم الألبيومين وكذلك تخليق خلايا دموية بالطحال ونخاع العظام . ويمكن علاج النزيف بإعطاء محلول ملحي تركيزه ٩ر٠٪ أو محلول مخفف من الجلوكوز . كما يمكن الحقن بمحلول ملحي يضاف إليه الصمغ العربي تركيزه ٦٪ ولكن أفضل الطرق هي الحقن بالبلازما أو نقل الدم .

مضادات التجلط Anticoagulants تشمل مثبطات للمراحل الثلاث الأساسية في تكوين الجلطة مثل مضادات الثرمبوبلاستين Antithromboplastins ، مضادات الثرومبين Antithrobins ومحلل الفيبرين Fibrinolysin . ويعتبر الهيبارين Heparin والبلازمين Plasmin من أشهر وأكثر مضادات التجلط استخداماً . والهيبارين يفرزه الكبد ويعتبر من أقوى مضادات التجلط وفعله يعتمد على تعطيل تحول البروثرومبين إلى ثرومبين وتأثيره على مرحلة تكوين الثرمبوبلاستين والفيبرين . أما البلازمين فهو أنزيم محلل للفيبرين إلى مكونات ذائبة.وهناك مركب هريودين Hirudin يستخرج من ديدان العلق الطبي ويمنع التجلط لفعله المضاد لتكوين الثرومبين . وهذه المركبات مضادات للتجلط وذات أصل حيواني غير أن هناك مركبات أخرى مخلقة مثل الداي كومارين Dicumarin الذي وجد في الذرة السكرية وهو يثبط تجلط الدم لفعله المضاد لفيتامين K مما يقلل من كمية البروثرومبين بالدم .. وفيتامين K ليس مهماً فقط لتكوين الثرومبين ولكن كذلك





شكل ٤-٣ : مراحل تكوين الجلطة - فيها يتضح مسلكي تحول البروثرومبين (عن فراندسون)

(١) العوامل المؤدية لتكوين الثرمبوبلاستين الخارجي (٢) الثرمبوبلاستين الخارجي (٣) العوامل المؤدية لتكوين الثرمبوبلاستين الداخلي (٤) الثرمبوبلاستين الداخلي (٥) البروثرومبين (٦) الثرومبين + فيبرينوجين (٧) فيبرين (٨) عامل مثبت

العوامل VII ، IX و X بالكبد . وعليه فنقص فيتامين K في غذاء الحيوانات قد يسبب نزيف خطير . ويحصل الحيوان على فيتامين K من الغذاء ورغم أنه يتكون في أمعاء الحيوانات بواسطة البكتيريا ولكن الكمية الممتصة منه تكون بسيطة .

وقت التجلط Coagulation time عبارة عن الوقت المنقضي بين نزول عينة الدم من الأوعية الدموية إلى حدوث التجلط . وهو يبلغ ٥ر٣ دقيقة في الأغنام والكلاب ، ٥ر٦ دقيقة في الماشية ، ٥ر١١ دقيقة في الخيول ونحو ٥ دقائق في الإنسان على أن هذا الوقت يتأثر بالعوامل التي يتعرض لها الدم عند خروجه من الجسم .

مجاميع الدم Blood Groups :

نقل الدم Blood transfusion عملية المقصود بها إدخال دم فرد إلى دم فرد آخر . وهذا

يحدث عندما يحتاج فرد لدم نتيجة لنقصه أو فقده عند الحوادث أو العمليات الجراحية أو في أمراض الدم . وبداية عملية نقل الدم كانت في القرن الثامن عشر في فرنسا ثم انجلترا حيث كانت عملية نقل الدم قد تتم بنجاح أو تؤدي لوفاة الشخص المنقول إليه الدم . وهو الأمر الذي حدا بالبحاث لدراسة أسباب الوفاة رغم إجراءات التعقيم المتخذة عند عملية النقل . ولم تظهر نتائج هذه الدراسة حتى القرن التاسع عشر حيث اتضح أن فشل عملية النقل يرجع إلى تجمع خلايا الدم الحمراء أو تحللها وهذا يؤثر على الكلية التي تفشل في القيام بوظيفتها الإخراجية وبالتالي يموت الفرد من التسمم . ويرجع الفضل في هذا للرواد مثل بروديه Bordet (1896) ولاندستينيه Landsteiner (1900) .

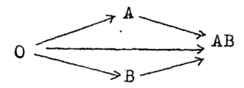
تجمع خلايا الدم الحمراء يرجع لوجود مركبات بروتينية في الخلايا الحمراء تتنبه نتيجة الاتصال بمركبات غير متآلفة معها توجد بالبلازما وهو تفاعل الأنتيجين – الأجسام المضادة . المواد الموجودة بخلايا الدم الحمراء تسمى أنتيجين Antigen في حين أن الموجودة في بلازما الدم تسمى أجسام مضادة Antibody . الأنتيجين عبارة عن بروتين يستطيع تنبيه إنتاج أجسام مضادة خاصة . والأجسام المضادة من جهة أخرى عبارة عن مواد تنتج في الجسم كاستجابة دفاعية ضد أنتيجات غريبة ومعينة .

في دم الإنسان يوجد نوعين من الأنتيجينات يطلق عليهما A و B ويوجدا في خلايا الدم الحمراء في حين يوجد نوعين من الأجسام المضادة يطلق عليهما مضاد a ومضاد b ويوجدا في بلازما الدم . وأنتيجينات الدم عبارة عن جليكوبروتين في حين أن الأجسام المضادة عبارة عن بروتينات خاصة بالبلازما . وتجمع خلايا الدم الحمراء يحدث عندما يلتقي أنتيجين A مع جسم مضاد a وكذلك عندما يلتقي أنتيجين B مع جسم مضاد b . واعتماداً على ذلك فإن العالم لاندستينيه Landsteiner (1900) اكتشف وجود أربعة مجاميع من الدم في الإنسان وهم :

- نوع A وهو يحتوي أنتيجين A وجسم مضاد b
- نوع B وهو يحتوي أنتيجين B وجسم مضاد a
- نوع AB وهو يحتوي كلا من أنتيجينات A و B ولا يحوي أجسام مضادة
- نوع O وهو لا يحتوي أنتيجينات ولكن يحتوي نوعي الأجسام المضادة a و b .

وبناء عليه فإن مجموعة الدم A يمكن أن تعطى فقط للأفراد الذين لا يمتلكون أجسام مضادة a وذلك يعني أنها تعطى فقط للأفراد ذوي مجموعة الدم A و AB . أما مجموعة الدم AB فهي تعطى فقط للأفراد ذوي مجموعة الدم AB لأنه في جميع الأنواع الأخرى يوجد دائماً أجسام مضادة . مجموعة الدم O تعطى للأفراد ذوي مجموعة الدم O وكذلك لأي أفراد من المجاميع الأخرى لأنه ليس فيها أي أنتيجين من أي نوع . والفرد من

مجموعة الدم O يسمى واهب عام Universal donor في حين أن الفرد ذو مجموعة الدم AB يسمى مستقبل عام Universal recipient.احتمالات النقل بين أفراد المجاميع الأربعة يمكن توضيحه في الرسم التالي (شكل ٤-٤) :



شكل ٤-٤ : احتمالات نقل الدم بين المجاميع المختلفة

وبجانب مجاميع الدم الأربعة السابق ذكرها توجد مجاميع دم أخرى ثبت وجودها حديثاً وهي Rh ، MBS ، P ، ليوثران Lutheran ، كيل Kell ، لويس Lewis ، دفي Duffy وكيد Kidd . ومن أشهر هذه المجاميع من الناحية الطبية هي مجموعة Rh لأنها مرتبطة بأمراض تحلل الدم عند نقله خاصة في المواليد الصغار . ولقد اكتشف هذا العامل عام ١٩٤٠ في نوع من القردة يسمى الريص Rhesus يوجد في نحو ٨٥٪ من الأفراد . ويطلق عليهم موجبين للـ Rh في حين أن الباقي (١٥٪) يطلق عليهم سالبين للـ Rh . وتظهر أهمية هذا العامل عند نقل دم من فرد يحتوي على العامل إلى فرد لا يحتوي عليه مما ينجم عنه تكوين أجسام مضادة لهذا العامل . فإذا أعيد نقل دم يحتوي على هذا العامل لنفس الفرد الذي تكون في دمه الأجسام المضادة فتحدث عنده مضاعفات تشبه تلك التي تحدث عند نقل الدم من غير الفصيلة . كما تظهر أهمية العامل عند زواج سيدة لا تحوي هذا العامل برجل يحتوي دمه عليه وينجم عن ذلك جنين قد يحتوي دمه على عامل الـ Rh . ويمر دم الجنين لدورة دم الأم مكوناً أجسام مضادة في دم الأم تتفاعل مع دم الجنين الأمر الذي يؤدي لموت الجنين أو عند ولادته مباشرة . ويمكن تجنب موت الجنين عند ولادته بواسطة تغير دم الجنين عقب ولادته مباشرة .

ويمكن تحديد مجموعة الدم بأخذ عينتين من دم الفرد يضاف للأولى سيرم يحتوي على الأجسام المضادة a . ويضاف للثانية سيرم يحتوي على الأجسام المضادة b . فإذا تجمعت خلايا الدم في العينة الأولى كانت مجموعة الدم للفرد B . أما إذا تجمعت خلايا الدم في العينة الثانية كانت مجموعة الدم للفرد A . وإذا تجمعت خلايا الدم في العينتين كانت المجموعة AB . وإذا لم تتجمع خلايا الدم في كلا العينتين دل ذلك على أن الفرد من مجموعة دم O .

مجاميع الدم في الحيوانات الزراعية قسمت على أساس مشابه لما في الإنسان وظهر وجود أكثر من ٦٩ نوع من الأنتيجينات في خلايا الدم الحمراء بالماشية وقسمت إلى ١١ مجموعة هي : S, N, M, L, J, F-V, C, B, A, R-S, Z,
أما في الأغنام فوجد أنها تحوي ٧ مجاميع دم هي : A,B, C, X-Z, R-O, M, D
وفي الخنازير يوجد بها نحو ١٥ مجموعة دم هي :
O, N, M, L, K, J, I, H, G, F, E, D, C, B, A

ثانياً : الليمــف Lymph

غالبية السائل الذي يمر خلال جدر الشعيرات الشريانية للأنسجة المحيطة يعاد امتصاصه بواسطة الشعيرات الوريدية . الجزء الباقي يكون عبارة عن سائل الأنسجة الذي يبقى في المسافات النسيجية . سائل الأنسجة الزائد والذي لا يمتص بواسطة الشعيرات الوريدية يمر إلى جهاز من الشعيرات الليمفاوية Lymph capillaries.بمجرد أن يدخل هذا السائل الشعيرات الليمفاوية يسمى ليمف Lymph (شكل ٤-٥) .

تركـيب الليمـف :

الليمف عبارة عن سائل شفاف عديم اللون يشبة بلازما الدم التي يشتق منها . وقد وجد به قليل من الخلايا الدموية الحمراء . ولكنه يحتوي على عدد كبير من الخلايا البيضاء الليمفية وكذلك بعض الأملاح المعدنية ، جلوكوز ، بعض البروتينات ومركبات نيتروجينية غير بروتينية . الخلايا البيضاء المتعادلة عادة لا توجد في الليمف بأعداد كبيرة ماعدا عند العدوى الشديدة . كمية البروتين بالليمف (٣٪) تكون أقل عما هي في البلازما (٥ر٧٪) . غير أن محتوى الليمف من المركبات الكيماوية البسيطة يكون تقريباً مشابه لما هو في البلازما .

الليمف الناتج من الأمعاء عند الهضم ربما يحتوي على كمية كبيرة من الدهون مما يضفي عليه مظهر اللبن . هذا الليمف اللبني يسمى الكيل chyle وينتج من امتصاص الدهون في الأوعية الليمفاوية الصغيرة بالأمعاء والمسماة بالأوعية اللبنية Lacteals .

وظيفـــة الليمـــف :

يعمل الليمف كوسيلة لصرف سوائل الأنسجة مما يساعد الدورة الدموية وبالتالي ينظم ضغط السوائل داخل الأنسجة . كما أن الجهاز الليمفاوي يعمل كنظام دفاعي ضد المواد الضارة

بواسطة ترشيحها من سوائل الأنسجة والتهامها مما يساعد على مقاومة الالتهابات وتكوين الأجسام المضادة .

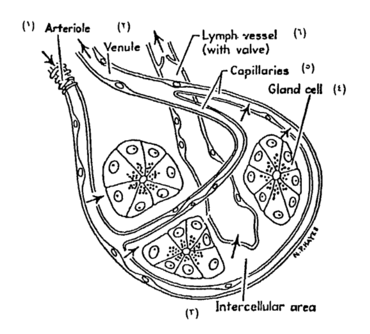
وإذا حدثت زيادة غير طبيعية في كمية سوائل الأنسجة ولم يستطع الجهاز الليمفاوي تعويضها فإن ذلك يؤدي لظهور أعراض خاصة تعرف بالارتشاح أو الأوديما Edema. والتي يمكن تعريفها بأنها عبارة عن صعوبة رجوع السوائل الموجودة بالأنسجة للدم عن طريق الدورة الدموية مما يؤدي لزيادة السوائل البينخلوية في الأنسجة . ويعزي هذا غالباً لارتفاع ضغط الدم بالشعيرات الدموية ، انخفاض الضغط الأسموزي للدم ، تهتك جدر الشعيرات الدموية أو خلل عملية تصريف الليمف . وغالباً ما يكون سبب الخلل في عملية تصريف الليمف هو انخفاض ضغط سوائل الأنسجة ، زيادة تناول الأملاح أو السوائل أو خلل في الجهاز العصبي .

الجهـــاز الليمفـــاوي :

يشمل الأنسجة الليمفاوية والأوعية الليمفاوية الموصلة من الأنسجة الليمفاوية . وتتكون الأنسجة الليمفاوية من تجمع الخلايا الليمفية Lymphocytes المحصورة في التجاويف الموجودة بين ألياف الأنسجة الضامة الشبكية . وقد تتوزع الأنسجة الليمفاوية بداخل بعض الأعضاء كما هو الحال في الطبقة تحت المخاطية للأمعاء أو قد تندمج في أنسجة ليمفاوية تحيط بها كبسولة لتكون أعضاء خاصة مثل العقد الليمفاوية Lymph nodes ، اللوزتين Tonsils ، الغدة التيموسية Thymus والطحال Spleen . الأوعية الليمفاوية Lymph vessels تبدأ من أنسجة الجسم بقنيات صغيرة مغلقة جدرها رقيقة (شكل ٤-٦) وهذه تتجمع مع بعضها لتكون قنوات ليمفاوية صغيرة تصب في قنوات أكبر تشبه الأوردة غير أن جدرها أرفع . الليمف المتجمع من الجسم يرجع ليصب في الجهاز الوريدي بواسطة إحدى الطرق التالية : القناة الصدرية Thoracic duct ، القناة الليمفاوية اليمنى Right lymphatic duct أو قنوات الحنجرة Tracheal ducts . هذه القنوات تصب في الوريد الأجوف الأمامي . ويوجد على طوال قنوات الليمف صمامات تسمح بمرور الليمف في اتجاه القلب فقط أو الأوردة الكبيرة .

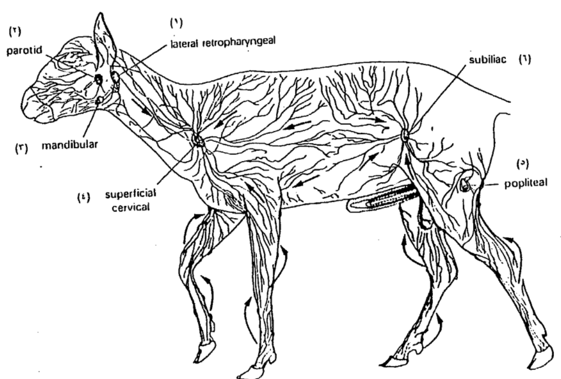
العقد الليمفـاوية Lymph nodes :

ويطلق عليها أيضاً الغدد الليمفاوية Lymph glands . وهي عبارة عن تجمعات للخلايا الليمفية توجد منتشرة في أجزاء مختلفة من الجسم خلال طريق الأوعية الليمفاوية (شكل ٤-٦) وتقوم بترشيح الليمف وتعمل كأول خط دفاعي للجسم ضد العدوى



شكل ٤-٥ : رسم توضيحي للعلاقة بين خلايا الجسم والدورة الدموية والأوعية الليمفاوية

(١) شريان صغير (٢) وريد صغير (٣) مساحات بينخلوية (٤) خلايا الغدد (٥) شعيرة دموية (٦) وعاء لمفاوي



شكل ٦-٦ : الغدد الليمفاوية السطحية في الأغنام . (عن هيث وأوليسانيا)

(١) المجاورة لخلف البلعوم (٢) النكفية (٣) فكية (٤) السطحية العنقية (٥) باطن الركبة (٦) تحت حرقفية

ولإنتاج خلايا ليمفية وخلايا البلازما المنتجة للأجسام المضادة .

وتحاط الغدة بغلاف من أنسجة ضامة تخرج منه امتدادات تقسم الغدة لفصوص وتوجد الخلايا الليمفية في نخاع الفص في حين أن خلايا البلازما توجد في الأنسجة الضامة المحيطة . ويدخل سائل الليمف من تجاويف بقشره الفص عبر أوعية ليمفاوية داخله Afferent vessels حيث يتخلل القشرة والنخاع ببطيء فيترشح ثم يتجمع ثانياً في سره العقد التي تدخل فيها الأوعية الدموية والأعصاب ويخرج منها الأوعية الليمفاوية الخارجة Efferent vessels .

وحالة الغدة تعكس صحة أو مرض المنطقة التي يشتق منها الوعاء الليمفاوي الداخل للغدة فإذا حدثت عدوى في منطقة معينة فإن العقدة الليمفاوية لهذه المنطقة تميل لزيادة حجمها لتقاوم العدوى . كمثال إذا أصيب حصان بالحمى Distemper أو الخناق Strangles وهو عبارة عن التهاب التجويف الأنفي والحلق يلاحظ زيادة حجم العقدة الليمفاوية الفكية .Mandibular L.N حيث أن هذه العقدة الليمفاوية تستقبل الأوعية الليمفاوية من التجويف الأنفي والفم والحلق . وإذا لم تستطيع العقدة الأولى إيقاف العدوى فإن الميكروبات تمر مع الليمف عبر الأوعية الخارجة للعقدة التالية في سلسلة العقد الليمفاوية . هذه العقد التالية ستستجيب للعدوى بزيادة الحجم .

في الماشية والأغنام توجد عقد ليمفاوية بالأوعية الدموية .Hemal L.N وهي عبارة عن أجسام صغيرة لونها أحمر غامق وتشبه العقد الليمفاوية ولكن توجد في مجرى الأوعية الدموية الصغيرة ويعتقد أن وظيفتها دفاعية وقائية .

الطحـال Spleen :

يعتبر الطحال من أكبر الأعضاء الليمفاوية بالجسم وأكثرها تعقيداً وهو يتصل بالمعدة مباشرة بواسطة نسيج ضام وشكله متطاول وجيد التمويل الدموي . ويتكون جسم الطحال أساساً من خلايا ليمفاوية ، غير أن الخلايا الشبكية الأندوثيلية تغلف التجاويف الوريدية . وتوجد أيضاً خلايا دم بيضاء محببة وخلايا حمراء.وبعد ولادة الحيوان ينتج الطحال خلايا بيضاء ليمفية ووحيدة النواة وربما ينتج خلايا حمراء وخلايا بيضاء محببة . وأهم وظائف الطحال يمكن تلخيصها في الآتي :

١ - في المرحلة الجنينية يكون الطحال مسؤولاً عن إنتاج الخلايا الحمراء وفي الحيوانات الكبيرة يقوم بتكوين الخلايا الليمفية ، وحيدة النواه وربما أنواع أخرى . ويمكن استعادة قدرته على تكوين الخلايا الحمراء تحت ظروف مرضية معينة .

وهو قد ينتج هرمون الأرثروبيوتين في بعض أنواع الحيوانات .

٢ - يعتبر الطحال مخزن هام للدم ويمكن الاستفادة منه عندما تحتاج أنسجة الجسم لكميات كبيرة من الأكسجين عند الرياضة العنيفة ، بعد النزيف ، عند التسمم بأول أكسيد الكربون ، عند استخدام بعض المخدرات (الكلوروفورم و الأيثر) وكذلك عند الانفعالات العاطفية . وعندما يثار الحيوان يفرز هرموني الأبنفرين والنورابنفرين مما يؤدي لانقباض الطحال . وتحت هذه الظروف يزيد عدد الخلايا الدموية الحمراء وقيم الهيماتوكريت والهيموجلوبين .

٣ - يلعب الطحال دوراً هاماً في تكسير الخلايا الدموية الحمراء ويساهم في تلك العملية الخلايا الشبكية الأندوثيلية المحيطة بالتجاويف الوريدية .

٤ - يساعد الطحال في مقاومة الميكروبات لأن الخلايا الليمفاوية الموجودة به تنتج أجسام مضادة كما أن الخلايا الشبكية الأندوثيلية تلتهم البكتريا والفيروس والأجسام الغريبة .

٥ - يقوم الطحال بدور هام في تكوين صبغات الصفراء ، تخزين الحديد وربما في بعض العمليات التمثيلية .

ثالثاً : السائل المخي النخاعي Cerebrospinal fluid

السائل المخي النخاعي يوجد-في القناة المركزية للحبل الشوكي ، تجاويف المخ Ventricles وأيضاً في التجويف التحت عنكبوتي بين الأم الحنون والعنكبوتية . وهو يعمل كوسادة تحمي المخ والحبل الشوكي من الصدمات كما أنه يعمل كوسط مغذي لهذه الأعضاء ويساعدها كذلك في التخلص من بعض نواتج التمثيل .

وتركيب السائل المخي الشوكي يشبه البلازما التي يشتق منها ولكنه يحتوي على نسبة أقل من البروتين ، الجلوكوز ، البوتاسيوم وقليل جداً من خلايا الدم فيما عدا بعض الخلايا الليمفية ولا يحتوي على الفيبرينوجين والليبيدات ومعظم الأنزيمات .

رابعاً : السـائل المفصـلي Synovial fluid

السائل المفصلي عبارة عن سائل لزج رقيق يوجد في فجوة المفاصل وأغلفة الأوتار ويتراوح مقداره ما يحتويه المفصل ما بين ٢٠-٥٠ مل وهو غالباً ما يشتق من البلازما . وتعزي خواصه الطبيعية وقدرته على تشحيم المفاصل إلى وجود السكريات

العديدة الميوسينية Mucopolysacharides وربما حمض الهيالورونيك hyaluronic acid . وبجانب قدرته على منع الاحتكاك في المفاصل فإنه ربما يساعد في تغذية الغضاريف المفصلية .

خامساً : السوائل المصلية Serous fluids

السوائل المصلية توجد في تجاويف الجسم وتشمل السائل البريتوني والسائل البللوري والسائل التاموري . هذه السوائل توجد طبيعياً كغشاء رقيق يقلل التجويف بين الأسطح المتقابلة . حدوث التهاب أو عدوى في هذه الأغشية يسبب زيادة السوائل المصلية . فمثلاً التهاب التامور الرضي Traumatic pericarditis في الأبقار ، الالتهاب البلوري Pleuritis والتهاب الغشاء البريتوني Peritonitis تسبب زيادة مقدار السوائل المصلية .

سادساً : سوائل الجسم الأخرى Other body fludids

وهذه تشمل سائل العين وسوائل الأذن الداخلية وهذه تشتق من البلازما ولها وظائف فسيولوجية حسب العضو الذي توجد فيه .

الفصل الخامس
الدورة الدموية
Blood circulation

أول من اكتشف الدورة الدموية هو الطبيب العربى الشهير أبن النفيس الذى ولد بدمشق عام ١٢٨٨ م . وقام بوصف الدورة الدموية في كتابه « شرح تشريح القانون » وبذلك سبق العالم الإنجليزى وليم هارفى الذى ولد عام ١٥٧٨م، وإليه ينسب اكتشاف الدورة الدموية . ويتكون الجهاز الدورى فى الحيوانات من القلب Heart والأوعية الدموية Blood Vesseles . ويقوم أساسا بحمل المواد الغذائية ومخلفات عملية التمثيل بين أعضاء الجسم المختلفة .

أولاً : القلب Heart

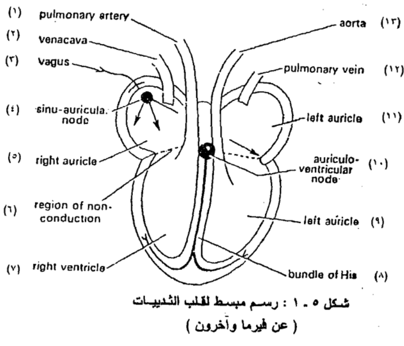
القلب عبارة عن عضو أجوف يغلف بغلاف يسمى التامور Pericardium وهو عبارة عن كيس مزدوج الجدران . الجدر الداخلية منهما ملتصقة بالقلب أما الخارجية فغير متصلة بالداخلية ويفصلهما فراغ ممتلىء بسائل يمنع احتكاكهما ويسمى بسائل التامور . وزن القلب يختلف فى الثدييات المختلفة (جدول ٥ ـ ١) . والوظيفة الرئيسية للقلب هى الانقباض دوريا لدفع الدم لمختلف أجزاء الجسم . وهو يدفع الدم من أحد النهايات ويستقبله من النهاية الأخرى من خلا الأوعية الدموية الداخلة أو الأوردة Veins ولحفظ الدورة الدموية فى طريقها السليم يزود القلب بصمامات تمنع رجوع الدم .

جدول ٥ ـ ١ : وزن القلب فى بعض الحيوانات (جم / كجم وزن حى)

النوع	وزن القلب	النوع	وزن القلب
الدواجن	١,٩	الإنسان	٥,٩
الارنب البرى	٢,٨	الماعز	٦,٢
القط	٤,٦	الحصان	٦,٨
الماشية	٥,٤	الكلب	٨,٠

تركيب القلب Structure

يقسم القلب إلى نصفين أحدهما أيمن والآخر أيسر وهم غير متصلين ببعضهما ويعملا بالتوالى . النصفين ينفصلا عن بعضهما بواسطة فاصل بين اذينى وبين بطينى . ويتكون كل نصف من حجرتين : الجزء الظهرى رقيق الجدر ويسمى اذين Atrium والجزء البطنى سميك الجدر ويسمى بطين Ventricle . البطين الأيسر ذو جدر سميكة حيث أن الدم يضخ منه للاورطى Aorta ثم إلى الشرايين الكبيرة للدورة الجهازية التى تغذى كل أعضاء الجسم . ويرجع الدم للقلب عبر الشعيرات والأوردة . البطين الأيمن يدفع الدم للرئتين عبر الشرايين الرئوية ويعود الدم عن طريق الأوردة الرئوية ليدخل الأذين الأيسر (شكل ٥ ـ ١) .



شكل ٥ ـ ١ : رسم مبسط لقلب الثدييات
(عن فيرما وآخرون)

(١) الشريان الرئوي (٢) الوريد الاجوف (٣) العصب التائه (٤) العقدة التجويفية الأذينية (٥) الأذين الأيمن (٦) منطقه عدم توصيل (٧) بطين أيمن (٨) حزمة هيس (٩) البطين الأيسر (١٠) العقدة الأذينية البطينية (١١) الأذين الأيمن (١٢) الوريد الرئوي (١٣) الأورطي

ويتصل الأذينين بالبطينين بواسطة صمامات احادية الاتجاه تسمى الصمام الاذينى البطينى Atrioventricular valve ويوجد بين الاذين الأيسر والبطين الأيسر الصمام الميترالى Mitral valve الذى يتكون من شرفتين غشائيتين Dicuspid valve . وعندما يزيد الضغط فى الأذين الأيسر عما هو فى البطين الأيسر تفتح الشرفات ويمر الدم من الأذين للبطين . وعندما ينقبض البطين فإن الشرفات ترجع لمكانها باحكام لمنع تسرب الدم .

الصمام الأذينى البطينى الأيمن يشبه فى تركيبه وفعله الصمام المترالى غير أنه ذو ثلاث شرفات Tricuspid valve .

وعندما ينقبض البطين الأيسر فإن الدم الذى دخله من خلال الصمام المترالى يدفع من خلال الصمام الهلالى Semilunar الأيسر أو الصمام الأورطى Aortic valve إلى الأورطى ومنها للأوعية الجهازية . البطين الأيمن الذى ينقبض فى نفس الوقت يدفع دمه من خلال الصمام الهلالى الأيمن أو الصمام الرئوى pulmonic valve إلى الشرايين الرئوية للرئة . وكل صمام هلالى يتكون من ثلاث شرفات قوية ثلاثية الزوايا تشبه الجيوب . وهذه تقفل جيدا حول فتحات الاورطى والشريان الرئوى . وعندما ينقبض البطينين معا Systolic فإن الدم يضغط على الجانب البطنى للجيوب فيطويها للأعلى ضد جدر الاورطى والشريان الرئوى على الترتيب . ولكن خلال الانبساط Diastolic حيث ينبسط البطينين فإن الدم قد يميل للرجوع ولكن الصمامات تنضم لبعضها تماما مؤدية لقفل فتحات الاورطى والشريان الرئوى ويمنع رجوع الدم .

ضربـات القـلب Heart beats

انقباض القلب Systole وانبساطه Diastole يشكلا ضربة أو نبضة القلب Heart beat . وضربة القلب يمكن أن تعرف على أنها موجة منتشرة من الانقباض العضلى . القلب يستطيع الانقباض باستمرار لبعض الوقت حتى بعد نزعة من الجسم . وعليه فإن انقباض عضلات القلب يمكن أن تكون معتمدة أو مشروطة بالعمليات الحادثة فى القلب ذاته .

وفى كل ضربة فإن كل بطين يمكن أن يدفع كمية من الدم تبلغ نحو ٧٠ مل فى الإنسان ، ٥٠ مل فى الأغنام ، ٥٨٠ مل فى الثور ونحو ٨٥٠ مل فى الحصان . هذا الحجم يسمى السعة الانقباضية Stroke volume . ويختلف عدد ضربات القلب فى الدقيقة وهو ما يسمى بسرعة أو معدل النبض Heart rate وذلك باختلاف نوع الحيوانات (جدول ٥ - ٢) . وبمعرفة السعة الانقباضية وسرعة النبض يمكن حساب كمية الدم المدفوعة من كل بطين فى الدقيقة وهو ما يسمى بالدفع القلبى Cardiac output والذى يمكن حسابه من المعادلة التالية :

الدفع القلبى = معدل النبض x السعة الانقباضية

ولما كانت هناك علاقة بين وزن الجسم والدفع القلبى فإنه يمكن استنتاج الدفع القلبى باستخدام المعادلات التالية :

الدفع القلبى (لتر / دقيقة) = ٠,١٠١٧ x وزن الجسم ٠,٩٥ (الثدييات)
الدفع القلبى (لتر / دقيقة) = ٠,٢٩٠٧ x وزن الجسم ٠,٦٩ (الطيور)

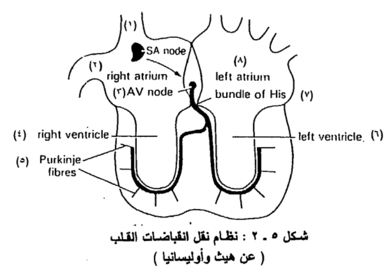
جدول ٥ - ٢ : معدل ضربات القلب فى الحيوانات المختلفة (نبضة / دقيقة)

نوع الحيوان	أثناء الراحة	عند العمل	خلال عمر الرضاعة
الجمل	٣٠	-	-
الحصان	٣٥	٢١٠	-
الثور	٧٠	-	١٥٠
الأغنام - الماعز	١٠٠	-	-
الكلب	١٠٠	٢٧٠	٢٠٠
القط	١٤٠	-	٢٥٠
الارانب	٢٦٠	-	-
الإنسان	٧٠	١٥٠	١٣٠

ولقد اتضح أن ضربات القلب تنشأ من عضلات القلب Myocardium نفسها ولا تعتمد بأى شكل على الأنسجة العصبية . ومما يؤكد هذا أن القلب فى المرحلة الجنينية يبدأ فى النبض قبل أن تغذوا الأنسجة العصبية القلب . ويفترض أن ضربات القلب منشأها عضلى وترجع لوجود خلايا خاصة موصلة للنبضات فى القلب تسمى Impulse conducting cells هذه الخلايا مختلفة تماما عن ألياف العضلات القلبية وتشكل أنسجة عقدية Nodule tissue . النسيج العقدى يوجد فى العقدة الجيبية الاذينية Sino-atrial node (SA) والغنية بالتمويل الدموى وتقع بالقرب من نقطة دخول الوريد الأجوف العلوى للأذن الأيمن . هذا المكان يعرف أيضا بصانع السرعة Pace-maker لأنها المكان الذى تبدأ منه نبضة القلب .

وعلى فترات منتظمة تنشأ موجة الانقباض من عند العقدة الجيبية الأذينية (SA) وتنتشر على طول الأذين . حينئذ يلتقطها كتلة من النسيج المشابه يسمى العقدة الأذينية البطينية Atrio-ventricular node (AV) والتى توجد داخل جدار الأذين الأيمن بالقرب من الحاجز الذى يفصل الأذين الأيمن عن البطين . وتستمر على شكل حزمة من الألياف العضلية المتفرعة توجد داخل الحاجز الذى يفصل البطين الأيمن عن الأيسر وتسمى

حزمه هيس Bundle of His . وتتفرع حزمه هيس إلى فرعين يمر أحدهما داخل جدار البطين الأيمن والآخر داخل جدار البطين الأيسر حتى تصل إلى نهاية البطين . ويخرج من هذه الفروع ألياف متشابكة تسمى ألياف بركنجى Purkinje fibers تنتشر فى جدار البطين (شكل ٥ ـ ٢) على شكل شبكى .



شكل ٥ ـ ٢ : نظام نقل انقباضات القلب
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) العقدة الجيبية الأذينية (٢) الأذين الأيمن (٣) العقدة الأذينية البطينية (٤) البطين الأيمن (٥) الياف بركنجى (٦) البطين الأيسر (٧) حزمة هيس (٨) الأذين الأيسر

موجة الاثارة أو الانقباض تنتشر من العقدة الأذينية البطينية (AV) على طول ألياف هيس وبركنجى مؤدية لإثارة عضلات البطينين وبالتالى فإن البطينين بكامل أجزائهما ينقبضا معا . وإذا لم تعمل حزمة هيس لأى سبب فإن النبضة القلبية التى تنشأ عند العقدة الجيبية الأذينية (SA) تنتشر للأذين وللعقدة الأذينية البطينية (AV) ولكنها لن تصل للبطينين . هذه الحالة تسمى انسداد القلب Heart block وفيها يتوقف النبض البطينى وينقطع دوران الدم . وإذا كان انسداد القلب محصورا فى نصف حزمة هيس فإن هذه الحالة تسمى انسداد فرع الحزمة Bundle branch block . موجة الانقباض يمكن أن تستمر من العقدة الأذينية البطينية (AV) لبطين واحد وهذا البطين ينقبض أولا . وحينئذ فإن موجة الانقباض تنتشر بعملية نقل للبطين الآخر حيث ينقبض متأخرا بفترة قصيرة .

ضربات القلب يمكن أن يزيد عددها وتسمى الحالة بخفقان القلب Tachycardia فى حين أن نقصها يسمى ببطء أو هبوط القلب Bradycardia . وهناك بعض العوامل التى

تؤثر على سرعة ضربات القلب أهمها :

(أ) الضغط الشرياني Arterial pressure زيادة ضغط الدم سواء في الأورطى أو في التجويف الوداجي لوحظ أنه يؤدى لبطء ضربات القلب ولكنه أيضا يسبب زيادة القطر الداخلي للشعيرات الشريانية .

(ب) الضغط الوريدى Venous pressure زيادة توارد الدم الوريدى يؤدى لزيادة ضربات القلب . وتعرف هذه الظاهرة باسم Bainbridge reflex .

(جـ) ضغط الأكسجين وثانى أكسيد الكربون بالدم . نقص الأكسجين بالدم يسرع ضربات القلب وكذلك فإن تجمع ثانى أكسيد الكربون بالدم يسرع أيضا من النبض حتى يزيد تدفق الدم للتخلص من ثانى أكسيد الكربون والحصول على الأكسجين .

(د) الإشارات العصبية من المراكز العصبية العليا . الإثارة العصبية تؤدى لسرعة النبض . ومن جهة أخرى فإن بطء القلب قد يحدث عندما يتعرض الحيوان لصدمة عصبية مفاجئة . وكلا من هذين التأثيرين قد يحدث من خلال الاتصال بين الفص الجبهى لقشرة المخ والهيبوثلاماس والنوية الظهرية المحركة للعصب التائه .

أصـوات القـلب Heart sounds

أثناء عمل صمامات القلب خلال دورة الدم تنشأ أصوات القلب. وضربة القلب Heart beat تبدأ مع انقباض الأذين الذى يدفع الدم للبطين وبمجرد أن ينبسط الأذين فإن الصمام ثلاثى الشرفات والثنائى الشرفات (الصمام المترالى) تقفل بسرعة وهذا يحدث أول أصوات القلب - لب Lubb . وحينئذ ينقبض البطينين ويندفع الدم فى الأورطى والشريان الرئوى . وبمجرد أن ينبسط البطينين فإن الصمامين الهلاليين ينغلقا فيحدث ثانى أصوات القلب - دب Dup . ونظرا لأن الفترة بين غلق الصمامات الأذينية البطينية (أول صوت) وغلق الصمامات الهلالية (ثانى صوت) تكون أقصر عن الفترة بين غلق الصمامات الهلالية وبين الغلق التالى للصمامات الأذينية البطينية ولذلك فإن ضربات القلب تتميز بدورة عبارة عن (لب - دب - فترة راحة - لب - دب - فترة راحة) أى (١ - ٢ - راحة - ١ - ٢ - راحة) . دورة الضربات هذه تحدث فى المتوسط نحو ٧٢ مرة / دقيقة فى الإنسان والأغنام ، ٣٠ مرة فى الجمال ، ٩٠ مرة فى الماعز ونحو ١٢٠ مرة فى القطط . وإذا حدث أى ضرر لأى من الصمامات الأربعة كما يحدث فى الحمى الروماتيزمية ، فإن الدم يتسرب خلال واحد من الصمامات محدثا صوت

مميز للغط القلب Heart murmur (صوت يشبه قُفث) .

خواص عضلات القلب properties of heart muscle

قلب الحيوانات الفقارية يتكون من غرف ذات جدر تتركب من عضلات قلبية Myocardium or Cardiac muscles ترتبط مع بعضها بواسطة شرائط من النسيج الضام . السطح الداخلي والخارجى للقلب يغطيه طبقات من الخلايا الطلائية يطلق عليها Endocardium أو Epicardium على التوالى . ويحيط القلب ويغلفه غلاف شفاف يسمى التامور Pericardium . وتتكون عضلات القلب من ليفات عضلية مستقلة وهى إسطوانية (شكل ٣-٤) وتوجد بها نواه مركزية . وتنتظم هذه الليفات طوليا كما هو فى جميع الأنسجة العضلية ويلاحظ بها شرائط عضلية . وتتفرع ليفات العضلات القلبية ، الأمر الذى يؤهلها للقيام بوظائفها . ويمكن تلخيص أهم خواص العضلات القلبية :

١ - الإثارة والانقباض Excitability & Contractility . عضلات القلب تنقبض وتنبسط دوريا وبانتظام خلال حياة الحيوان . هذه العملية تتأثر بالتغيرات والمنبهات الحرارية والكيماوية والميكانيكية ولكن أثناء الانقباض لا يوجد تأثير لأى من هذه المنبهات ∴ فترة عدم الاستجابة هذه يطلق عليها فترة العصيان المطلق Absolute refractory period .

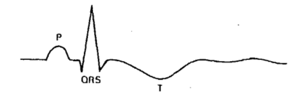
٢ - الإيقاعيـــة Rhythmicity . عضلات القلب تستمر فى العمل بانتظام وبدون مساعدة من العوامل الخارجية وهذا يرجع إلى العقد الجيبية الأذينية ولكن فى بعض الحالات فإن نبضة القلب ربما تبدأ من العقدة الأذينية البطينية .

٣ - التوصيـل Conduction . تتكون عضلات القلب من خلايا متجاورة وتبعا لذلك فإن أى تنبيه يصل لأى جزء من جدار القلب ينتشر بسرعة لكل الأجزاء بدون توقف . هذا التوصيل سريع جدا نظرا لوجود حزم هيس وألياف بركنجى . حيث تصل سرعة نقل النبضات على ألياف بركنجى إلى ٤ متر / ثانية وعلى جدر البطين ٠,٤ متر / ثانية والتوصيل على العقدة الأذينية البطينية ٠,٢ متر / ثانية .

٤ - قاعدة الكل أو العدم All or non law عضلات القلب لا تنقبض عندما تكون قوة المنبه غير كافية ولكنها تنقبض لأقصى درجة عندما تكون شدة المنبه كافية .

٥ - فعل العصب التائه على القلب Action of vagus on heart العصب التائه الممول للقلب يثبط حركة القلب ولذلك فإنه يوازن تأثير الأعصاب السمبثاوية التى تسرع ضربات القلب .

وكل نبضة قلبية ترتبط بتغيرات كهربائية يمكن قياسها سواء بوضع الكترودات على سطح القلب نفسه أو بوضعها على نقط محددة على سطح الجسم . التغيرات الكهربائية المتولدة فى القلب تنتشر خلال سوائل الجسم لسطح الجسم حيث يمكن تسجيلها على جهاز تسجيل التيار الكهربائى للقلب أو ما يسمى بالالكتروكارديوجرام Electrocardiogram - (ECG) . وصورة الالكتروكارديوجرام لدورة القلب يلاحظ فيها سلسلة من الموجات يطلق عليها T و QRS و P كما يظهر فى شكل رقم ٥ ـ ٣ . الموجه P تنتج من إزالة الاستقطاب بالأذين ، الموجه QRT تنتج من إزالة استقطاب البطين . الجزء ST والموجه T تنتج من إعادة استقطاب البطين . ومظاهر إعادة استقطاب الأذين عادة ما تكون مغمورة فى الموجه QRS .



شكل ٥ ـ ٣ : موجات الالكتروكارديوجرام
(عن هيث وأوليسانيا)

تنظيم عمل القلب Control of heart action

رغم أن القلب من الأعضاء التى تتصف بقدرتها على الانقباض والانبساط بانتظام ولفترة من الوقت حتى لو عزل من الجسم ، غير أن نشاطه وهو بجسم الحيوان يخضع للتغير تبعا لتغير الظروف الداخلية أو الخارجية.وعمل القلب يخضع لكل من التنظيم العصبى والكيماوى :

١ - التنظيم العصبى Nervous control يمول القلب جيدا بألياف عصبية باراسمبثاوية (العصب التائه) وألياف سمبثاوية . ونظرا لأن موجات انقباض القلب تبدأ ذاتيا فى القلب فإن الألياف العصبية السمبثاوية الممولة للقلب تستطيع زيادة أو نقص نشاط القلب بينما الألياف العصبية الباراسمبثاوية تبطء نشاط القلب .

٢ - التنظيم الكيماوى Humoral control بعض هرمونات الدم يمكن أن تؤثر على نشاط القلب مثل الادرينالين والنورادرينالين . فهذه الهرمونات تزيد أو تقلل نشاط القلب مثل الألياف العصبية السمبثاوية . وتأثير هذه الهرمونات مرتبط بالتنظيم العصبى حيث أنها تنتج عند نهاية الأعصاب السمبثاوية فى حالة إثارة الحيوان . كذلك فإن بعض أيونات المعادن الموجودة بالدم مثل الكالسيوم والبوتاسيوم يمكن أن تؤثر على نشاط القلب . زيادة أيونات البوتاسيوم يتبعه توقف الانبساط فى حين أن زيادة أيونات الكالسيوم يتبعه توقف الانقباض فى قلب الضفادع فى حين أن العكس صحيح فى عديد من اللافقاريات والفقاريات . كما أن درجة تفاعل الدم (PH) هامة فى التأثير على نشاط القلب حيث أن زيادة الحموضة تقلل نشاط القلب .

ضغط الدم Blood pressure

ضغط الدم عبارة عن القوة التى يندفع بها الدم ضد مقاومة جدر الأوعية الدموية . وهى تقدر عموما فى صورة مقدار دفع عمود من الزئبق . ويختلف الضغط عند المواقع المختلفة من الجسم . وحين ينقبض البطين فإن ضغط الدم بداخل وعاء الدم يكون مرتفع وهذا الضغط يطلق عليه الضغط الانقباضى Systolic pressure وفى الإنسان عادة ما يكون مقداره ١٢٠ مم زئبق وعندما ينبسط البطين لا يخرج أى دم فى الشرايين وبذلك تميل قيمته إلى الوصول إلى قيمة صفر ، ولكن عادة لا يستمر انخفاضه لهذه القيمة بسبب تمدد ومرونة الأوعية . وأثناء انبساط القلب ينخفض الضغط إلى نحو ٨٠ مم / زئبق فى الإنسان ويسمى هذا بالضغط الانبساطى Diastolic pressure .

ضيق الشرايين نتيجة لفقد المرونة أو نتيجة لترسب الدهون مثل الكوليسترول بداخل جدرها يزيد ضغط الدم . كما أن الانفعالات والرياضة تسبب زيادة ضغط الدم . الجاذبية أيضا تؤثر على ضغط الدم . ومتوسط ضغط الدم فى الحيوانات الزراعية يظهر فى الجدول ٥ ـ ٣ :

جدول ٥ ـ ٣ : متوسط قيم ضغط الدم (مم زئبق)

النوع	انقباض / انبساط	المتوسط	النوع	انقباض / انبساط	المتوسط
الإنسان	١٢٠ / ٧٠	١٠٠	الخيول	١٣٠ / ٩٥	١١٥
الأغنام	١٤٠ /٩٠	١١٤	الأرانب	١٢٠ / ٨٠	١٠٠
الماشية	١٤٠ / ٩٥	١٢٠	الدواجن	١٧٥ / ١٤٥	١٦٠

ويهبط ضغط الدم تدريجيا بالمرور فى الشرايين فى اتجاه الشعيرات الدموية ويكون الهبوط على أشدة فى الشرايين الصغيرة ويستمر الهبوط فى الأوردة حيث ينمحى تماما . والشرايين والأوردة قطرها كبير نسبيا ولذلك فإن مقاومتها لمرور الدم ضعيفة ولكن مع ضيق الأوعية الدموية والشعيرات فإن مساحة السطح المحتك بالدم تزيد وبالتالى فإن مقاومة مرور الدم تزيد كثيرا وعليه فإن الشعيرات الدموية الشريانية بأنسجة الجسم تستطيع التحكم فى مرور الدم وتلى القلب أهمية فى التأثير على ضغط الدم . وفى كل شعيرة دموية فإن سرعة مرور الدم تكون عدة ملليمترات / ثانية مقارنة بنحو ٠,٥ متر / ثانية فى الاورطى . هذا المرور البطىء فى الشعيرات مع وجود سطح كبير يسهل تبادل الغازات بين الدم والأنسجة .

ثانيا : الأوعية الدموية Blood vessels

يوجد فى جسم الحيوان ثلاثة أنواع من الأوعية الدموية هى الشرايين Arteries ، الأوردة Venis والشعيرات الدموية Capillaries . ومن الناحية الوظيفية فإن الشرايين تحمل الدم من القلب للأنسجة فى حين أن الأوردة تحمل الدم من الأنسجة للقلب . وتقوم الشعيرات الدموية بتوصيل الشرايين مع الأوردة .

١ – الشرايين Arteries

عبارة عن الأوعية الدموية التى تنقل الدم من القلب للأنسجة . والدم يسير فيها على ضغط مرتفع ينشأ من الحركة الدورية لعضلات الشرايين . وتتفرع الشرايين إلى شرايين صغيرة دقيقة Arterioles وهذه تتفرع إلى شعيرات شريانية فى غاية الدقة Metarterioles .

جدار الشريان يتكون من ثلاث طبقات من الخارج للداخل : الغشاء الخارجى

Tunica externa (Adventitia) وهو عبارة عن نسيج ضام يحتوى على ألياف طويلة مطاطة من الكولاجين . ثم الطبقة الوسطى Tunica media وهى أسمك من الأولى وتتكون من عضلات ناعمة دائرية وألياف مرنة . وفى الداخل يوجد الغشاء الداخلى Tunica interna (Intima) ويتكون من خلايا اندوثيلية وغشاء مطاط . ويوجد بين الغشاء الداخلى والأوسط غلاف من النسيج المطاط يسمى الصفيحة المطاطة الداخلية Internal Elastic lamina وهى تحيط بالشريان تماما . ويوجد غشاء مشابه ما بين الطبقة الوسطى والطبقة الخارجية ويسمى الصفيحة المطاطة الخارجية External Elastic lamina . مطاطية الشريان ترجع أساسا لوجود الألياف المطاطة فى جداره .

٢ - الأوردة Veins

عبارة عن الأوعية التى تحمل الدم فى إتجاه القلب وهى تجمع الدم من الشعيرات الدموية بالأنسجة وتفرغه فى القلب . جدر الأوردة رقيقة وتحوى قليل من العضلات . وهى تشبه الشرايين فى أنها تضم الطبقات الثلاث ولكن الطبقة الوسطى غير متطورة مما يؤدى لرقة جدر الأوردة . الطبقة الخارجية تكون أكثر تطورا فى الأوردة عن الشرايين . الصفيحة الخارجية المطاطة أقل تطور . وفى الأوردة الكبيرة فإن الطبقة الخارجية مع بعض الأنسجة الضامة والألياف المطاطة تشكل صمامات تشبه الجيوب الهلالية تترتب فى مجموعات من ثلاثة مما يؤدى لمنع رجوع الدم فى الاتجاه المضاد . الشرايين والأوردة الكبيرة تحتوى بجدرها على أوعية دموية صغيرة تقوم بإمدادها بالأكسجين والمواد الغذائية الضرورية لهذه الأوعية الدموية .

٣ - الشعيرات الدموية Capillaries

تعتبر الشعيرات الدموية من الناحية الوظيفية من أهم أجزاء الجهاز الدورى . فهى أصغر الأوعية حيث أن قطرها فى المتوسط ٧,٥ ميكرون وجدرها رقيقة جدا وغالبا ما تتكون من طبقة واحدة من الخلايا وتشكل شبكة دقيقة من الأنابيب التى تقوم بتوصيل الأوعية الدموية . وفيها توجد نهايات الألياف العصبية . وتتكون الشعيرات الدموية كنتيجة لتفرع الشرايين الدقيقة Arterioles وتتحد الشعيرات الدموية مع بعضها لتكون أوردة دقيقة Venules وهذه تتحد لتكون أوردة .

مسـلك الـدم بالجســم Circulatory route

دورة الدم بالجسم فى الفقاريات تتم فى نظام مغلق حيث تشكل الأوعية الدموية جهازا مغلقا يجرى فيه الدم بفضل نشاط القلب . ويمكن تقسيم دورة الدم بالجسم إلى ثلاثة مسالك :

١ – الـدورة التاجيــة Coronary circulation .

٢ – الـدورة الرئــويــة Pulmonary circulation .

٣ – الـدورة الجهــازية Systemic circulation .

١ – الدورة التاجيــة Coronary circulation

الدورة التاجية تقوم بإمداد عضلات القلب بالدم . حيث تبدأ الدورة بشريانين يتفرعان من الاورطى عند بدايته وكل منهم يغذى نصف القلب . ويتفرع هاذين الشريانين إلى فروع أدق . ويعود الدم من الدورة التاجية عن طريق أوردة تفتح فى الأذين الأيمن . ويوجد قليل من الاتصالات الفعالة بين الشرايين التاجية الرئيسية ولذلك فعندما يحدث قفل لواحد من هذه الشرايين فإن كمية غير كافية من الدم يمكن أن ترد من الشرايين المجاورة لتحفظ حياة العضلات التى تغذيها الشرايين المغلقة وهو ما قد يؤدى لحدوث موت لجزء من العضلات القلبية وهو السبب الغالب لأمراض القلب .

ورغم أن الأوعية التاجية تشبه الأوعية الدموية الجهازية فى إنها تمتلىء بالدم من الاورطى وتفرغه فى الأذين الأيمن ، إلا أن معدل مرور الدم فى الأوعية التاجية لا يختلف بنفس الطريقة . الضغط الحادث على هذه الأوعية نتيجة انقباض العضلات القلبية يقلل مرور الدم خلال الانقباض Systole وأقصى معدل لمرور الدم يحدث خلال الانبساط Diastole .

ويستخلص قدر كبير من أكسجين الدم عندما يمر خلال الأوعية التاجية . الدم الوريدى الذى يرجع من المخ غالبا ما يكون مقدار تشبعه بالأكسجين ٦٥٪ ، فى حين أن الدم الوريدى الخاص بالدورة التاجية يحتوى على ٢٥٪ تشبيع بالأكسجين . ويوجد تقريبا شعيرة دموية لكل ليفة عضلية وهذا الوضع يستمر طوال العمر . ورغم أن القلب قد يصبح متضخما (أكبر) أو منكمشا (أصغر) فإن هذه النسبة لا تتغير . الأوعية التاجية قد تكون عرضة لتغيرات انحلالية مثل حالة تصلب الشرايين Atherosclerosis الراجعة لترسيب الكوليسترول على جدر الشرايين . ضيق شريان القلب أو وجود جلطة به يؤدى لنقص توارد الأكسجين للقلب بما لا يتلائم مع المجهود الذى يقوم به وينشأ عن

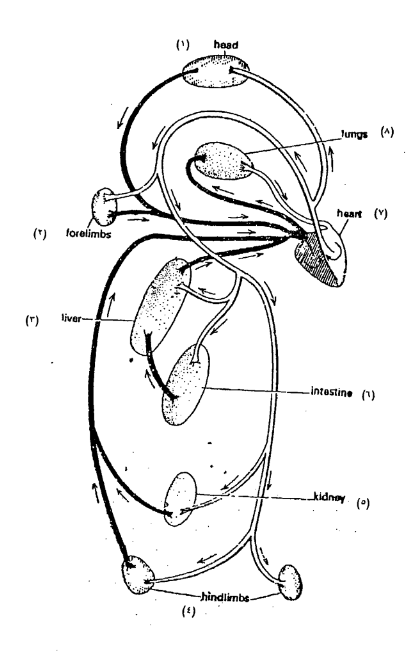
ذلك الذبحة الصدرية Angina التى تتميز بظهور أعراض خاصة تتلخص فى ظهور آلام شديدة بالصدر تحت منتصف عظمة القص ويمتد إلى الرقبة والكتف والذراع ويأتى المرض على نوبات تظهر بعد مجهود أو انفعال نفسى . الانسداد الحاد فى الشريان التاجى نتيجة لوجود جلطة دموية يؤدى لظهور أعراض أخرى مصاحبة للأعراض السابقة أهمها ضيق التنفس وقيء وهبوط عام وارتفاع طفيف فى درجة الحرارة ونقص ضغط الدم وزيادة عدد خلايا الدم البيضاء .

٢ – الدورة الرئوية Pulmonary circulation

يستقبل البطين الأيمن الدم الوريدى من أجهزة الجسم من خلال الأذين الأيمن ويدفعه عند انقباضه فى الشريان الرئوى الذى يتفرع لفرعين يدخل كل منهما رئة مقابله.مقاومة مرور الدم فى الأوعية الرئوية تكون ضعيفة وهذا يسهل مرور الدم رغم أن متوسط ضغط الدم فى الشريان الرئوى تكون نحو ١٢ ـ ٢٠ مم زئبق . بعد تخلص الدم من ثانى أكسيد الكربون وتشبعه بالأكسجين فى الشعيرات الدموية الرئوية يعود من خلال الأوردة الرئوية إلى الأذين الأيسر ومن ثم إلى البطين الأيسر (شكل ٥ – ٤).

٣ – الدورة الجهازية Systemic circulation

يقوم البطين الأيسر بدفع الدم لأجهزة الجسم عبر الاورطى Aorta الذى يخرج منه فروع مستقلة لكل عضو تتفرع بداخله وتغذيه وبعد ذلك تعود فى أوردة تصب فى النهاية فى الوريد الأجوف السفلى والعلوى . وتقوم الأوعية الدموية للدورة الجهازية بمقاومة مرور الدم ولذلك فمتوسط ضغط الدم فى الشرايين الجهازية يصل فى المتوسط إلى ١٠٠ مم زئبق رغم أنه يصل فى الاورطى إلى ١٧٥ ـ ٢٠٠ مم زئبق . وبعد أن يمر الدم فى الشرايين الصغيرة والشعيرات الدموية يتجمع ليعود مرة أخرى وعلى ضغط منخفض عبر الأوردة الكبيرة إلى الأذين الأيمن ومنه للبطين الأيمن ليكمل الدورة الرئوية (شكل ٥ – ٤) .



شكل ٥ ـ ٤ : مسلك الدم فى الثدييات
(عن فيرما وآخرون)

(١) الرأس (٢) الأطراف الأمامية (٣) الكبد (٤) الأطراف الخلفية (٥) الكلية (٦) الأمعاء (٧) القلب (٨) الرئة

الفصل السادس

التنفس

Respiration

التنفس عبارة عن عملية فسيولوجية هامة للكائنات الحية بواسطتها تحصل على الطاقة اللازمة للأنشطة الحيوية الأخرى بالجسم . ومصطلح تنفس Respiration أصله لاتينى واشتق من معنى استنشاق الهواء وطرده أى تبادل الغازات بين الكائن الحى والوسط المحيط به . وهذا يعنى الأنشطة المنظورة للتنفس Breathing . وبمضى الوقت اتضح أن عملية التنفس الأساسية الحقيقية تحدث على المستوى الخلوى وأن مصطلح التنفس الداخلى Internal respiration يطلق حقيقة على هذه المرحلة من تبادل الغازات .

ومحصلة التنفس هو الحصول على أكسجين وطرد ثانى أكسيد الكربون. يستعمل الأكسجين فى أكسدة الغذاء المهضوم بالخلايا وتتحرر طاقة فى حين أن ثانى أكسيد الكربون ناتج عن أكسدة المواد الغذائية ووجوده بالجسم ضار ولذلك يزاح من الجسم خلال التنفس .

الحيوانات البسيطة وحيدة الخلية مثل البروتوزوا تحصل على الأكسجين مباشرة من الهواء أو البيئة المائية المحيطة وتوزعه لجميع أجزاء الخلية . ويطرد ثانى أكسيد الكربون مباشرة من جميع أجزاء الخلية إلى البيئة المحيطة . وفى الحشرات يمر الهواء مباشرة للأنسجة من خلال قصبة هوائية .

الأنواع الكبيرة من الحيوانات معقدة التركيب فيها لا تتصل الخلايا مباشرة مع البيئة المحيطة ولذلك تحتاج هذه الحيوانات لمساعدة أجهزة تنفسية ودموية للسماح بتبادل ما يكفى من الغازات وتوزيع الأكسجين لجميع أجزاء الجسم . وفى هذه الحيوانات فإن عملية التنفس تتضمن المراحل التالية :

١ - التنفس الخارجى External respiration وهو عادة ما يعنى الشهيق والزفير . أى العمليات التى بواسطتها يدخل الأكسجين للجسم من البيئة الخارجية ويطرد ثانى أكسيد الكربون للبيئة المحيطة . تبادل الغازات يحدث على الأسطح التنفسية بالقصبة الهوائية والرئة أو فى الجلد والخياشيم لبعض الحيوانات .

٢ - نقل غازات التنفس Transport of respiratory gases وتتضمن هذه المرحلة من التنفس نقل الأكسجين من الأسطح التنفسية لأنسجة الجسم ونقل ثانى أكسيد

الكربون من الأنسجة لأسطح التنفس . وفى الحيوانات العالية فإن نقل الغازات يتم من خلال الدم .

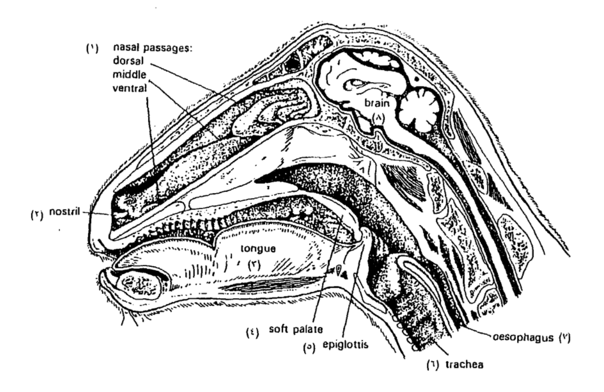
٣ – التنفس الداخلى Internal or tissue respiration وهذه المرحلة من التنفس تضم كل صور الأكسجين المستهلك بواسطة الخلايا أو ثانى أكسيد الكربون الناتج من عمليات الأكسدة المؤدية لتحرر الطاقة المستعملة فى النشاط الحيوى . وبمعنى آخر تشير لمجموعة التفاعلات الانزيمية سواء المؤكسدة أو غير المؤكسدة التى بواسطتها تتوفر الطاقة اللازمة لحفظ الأنشطة الحيوية الأخرى .

أعضــاء التنفــس The respiratory organs

يتكون الجهاز التنفسى فى الثدييات من الرئتين اللتين تقعا فى القفص الصدرى Thorax ، القصبة الهوائية Trachea التى توجد فى منطقة الرقبة والممرات الهوائية Air passages فى الرأس .

ويبدأ الجهاز التنفسى بفتحات الأنف الخارجية Nostrils التى تفتح فى التجاويف الأنفية Nasal cavity وتغطى بطبقة طلائية تفرز المخاط . ويعتبر الجمل الحيوان الوحيد من بين الحيوانات المستأنسة الذى يمكنه قفل فتحات الأنف الخارجية . فتحات الأنف الخلفية تفتح فى البلعوم Pharynx حيث يوجد تقاطع ممرات الطعام والتنفس ومنه يمر الهواء إلى الحنجرة Larynx التى يتكون جدرها من عضلات وغضاريف تمتد فى فتحتها الأحبال الصوتية التى إذا اهتزت بتأثير الهواء تصدر الصوت . تسد فتحة الحنجرة أثناء بلع الطعام بواسطة غطاء غضروفى يسمى لسان المزمار Epiglottis ينثنى فوق المزمار glottis (الفتحة للحنجرة) وبذلك يمنع لسان المزمار مرور الطعام للمسالك الهوائية (شكل ٦ ـ ١) عند الأكل .

بعد ذلك يمر الهواء للقصبة الهوائية Trachea التى تظل مفتوحة على الدوام لمرور الهواء حيث أن جدارها مقوى بغضاريف حلقية غير كاملة الاستدارة من الخلف . ويبطن الجدار بغشاء مخاطى يحتوى على خلايا خاصة تفرز المخاط . كما يحتوى على خلايا هدبية تتحرك أهدابها باستمرار فى اتجاه واحد . ويعمل المخاط على حفظ سطح القصبة الهوائية رطبا وحجز ذرات الغبار الذى يدخل المسالك التنفسية وعندئذ تدفعها الأهداب إلى أعلى إتجاه الفم . تتفرع القصبة الهوائية عند نهايتها إلى فرعين يطلق عليهم الشعبتين الرئويتين Bronchi تدخل كل منهم إلى الرئة المقابلة حيث تتفرع بداخلها إلى فروع تتدرج فى الصغر وتسمى شعيبات Bronchioles . يبطن جدار الشعبتين غشاء



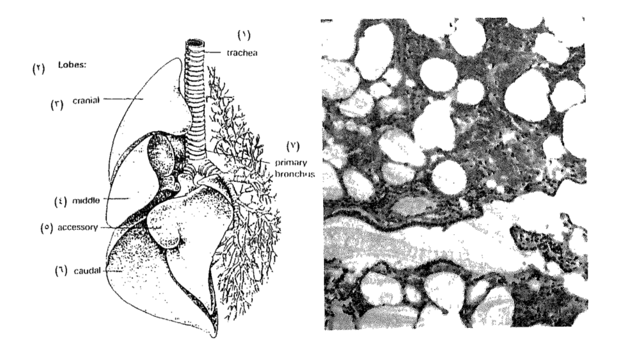
شكل ٦ ـ ١ : منظر لقطاع فى منتصف رأس الأغنام لتوضيح ممرات الهواء والطعام
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) الممرات التنفسية (٢) فتحه الأنف (٣) اللسان (٤) سقف الحنك (٥) لسان المزمار (٦) القصبة الهوائية (٧) المرىء (٨) الدماغ

مخاطى به خلايا هدبية ويحيط بجدار الشعيبات طبقة عضلات غير إرادية (شكل ٦ ـ ٢) تمول جيدا بالدم .

تؤدى الشعيبات إلى الحـويصلات الهوائية Alveoli التى يكون جدارها رقيقا ورطبا ليسهل تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية الملاصقة (شكل ٦ ـ ٣ ، ٤) وعند مرور الهواء للحويصلات الهوائية يخضع لثلاث متغيرات هامة هى : (١) يرشح الهواء ليصبح خاليا من التراب المواد العالقة ، (٢) يتم تدفئة الهواء لدرجة حرارة الجسم ، (٣) يصبح الهواء مشبعا بالرطوبة .

تتركب الرئتان من جزء كبير من الأنسجة الضامة المرنة وبعض العضلات،تغطى الرئتين بطبقة رقيقة من الأنسجة الطلائية الخشنة تعرف بالبلورا الحشوية Visceral



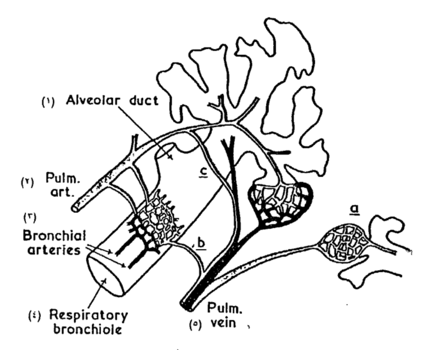
شكل ٦ ـ ٢ : تركيب رئة الثدييات منظر بطنى : فصوص الرئة اليمنى مميزة فى حين أن الشعب تظهر فى الرئة اليسرى (عن هيث وأوليسانيا)

(١) القصبة الهوائية (٢) فصوص (٣) أمامى (٤) متوسط (٥) احتياطى
(٦) خلفى (٧) شعيبات هوائية

شكل ٦ ـ ٣ : قطاع فى رئة الأرنب موضحا المساحات الرئوية والشعيرات الدموية (عن هيث وأوليسانيا)

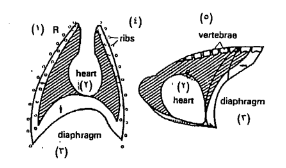
pleura وطبقة مماثلة تعرف بالبلورا الجدارية Pareital pleura تبطن السطح الداخلى الصدرى . وتكون طبقتى البلورا على اتصال ويسمى الفراغ الموجود بين طبقتى البلورا بالتجويف البلورى Pleural cavity يحتوى على كمية بسيطة من سائل يسهل حركة الرئة ويمنع احتكاك الطبقتين يسمى السائل البلورى .

وتوجد الرئتان والقلب داخل التجويف الصدرى Thoracic cavity الذى يحاط من الجوانب بالضلوع Ribs والقص Sternum ومن الظهر بالفقرات الظهرية vertebrae وفى أرضية التجويف الصدرى يوجد الحجاب الحاجز Diaphragm وهو عبارة عن فاصل عضلى بين تجويف الصدر والبطن (شكل ٦ ـ ٥) .



شـكل ٦ ـ ٤ : منظـر عـام موضحـا تركيـب
والتمويـل الدمـوى لفـص من فصـوص الرئـة :
a ـ حويصلة هوائية ، b ـ وريد شريانى ،
c ـ وصلة بين الشريان والوريد الرئوى
(عن بيل وآخرون)

(١) قناة الحوصله (٢) شريان رئوى (٣) شعيرات شريانية رئوية (٤) قصيبات تنفسية (٥) وريد رئوى



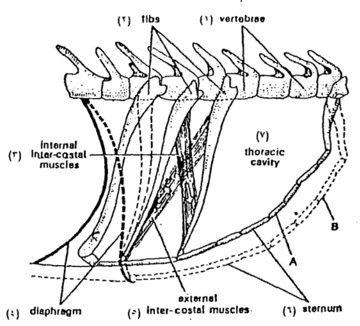
شـكل ٦ ـ ٥ : منظـرى جانبـى وعلـوى لتوضيـح
حركـة القفـص الصدرى والحجاب الحاجز عند
التنفس . السهم يشير لحركة الشهيق
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) الجهة اليمنى (٢) القلب (٣) الحجاب الحاجز (٤) الضلوع (٥) الفقرات

ميكانيكية التنفس Mechanism of breathing

يتم التنفس نتيجة لتتابع عمليتين هما الشهيق Inspiration ثم الزفير Expiration . ففى الشهيق يتم دخول الهواء من الخارج للرئة عبر الممرات التنفسية ويحدث هذا نتيجة لإتساع القفص الصدرى حيث ينقبض الحجاب الحاجز فيقل تحدبه وبذلك تزيد سعة الصدر من أعلى لأسفل . كما تنقبض الطبقة الخارجية من عضلات ما بين الضلوع External intercostal muscle فترتفع الضلوع للخارج فيزيد قطر الصدر من الجانبين الأمامى والخلفى (شكل ٦ ـ ٦) . اتساع الصدر بهذه الطريقة ومن جميع اتجاهاته يؤدى لإنخفاض ضغط الهواء الموجود بالممرات التنفسية مما يؤدى لإندفاع الهواء من الأنف للصدر .

أما الزفير فهو عملية عكسية للشهيق ويبدأ فور الإنتهاء من الشهيق حيث تنبسط عضلة الحجاب الحاجز وعضلات ما بين الضلوع فيعود الحجاب الحاجز لتحدبه وتعود الضلوع لوضعها الطبيعى كنتيجة لإنقباض الطبقة الداخلية من عضلات ما بين الضلوع Internal Intercostal muscles . كما أن عضلات البطن تتقلص فتضغط على محتويات البطن فيدفع الحجاب الحاجز تجاه الرئتين . والنتيجة النهائية أن يعود التجويف الصدرى لحجمه الطبيعى مما يؤدى لإرتفاع الضغط داخل الصدر فتفرغ الرئتان الهواء ويطرد للخارج .



شكل ٦ ـ ٦ : يوضح عضلات ما بين الضلوع الداخلية والخارجية والضلوع (الوضع A ـ أثناء الزفير . B ـ عند الشهيق) (عن فيرما وآخرون)

(١) الفقرات (٢) الضلوع (٣) الطبقة الداخلية لعضلات ما بين الضلوع (٤) الحجاب الحاجز (٥) الطبقة الخارجية لعضلات ما بين الضلوع (٦) القص
(٧) التجويف الصدرى

سرعة التنفس Respiration rate

سرعة التنفس عبارة عن عدد مرات الشهيق أو الزفير الحادثة فى الدقيقة . وتختلف سرعة التنفس باختلاف نوع الحيوان وعمره والجهد الذى يبذله ودرجة حرارة البيئة والضغط الجوى وحالات المرض ودرجة إمتلاء الجهاز الهضمى . والجدول التالى يوضح سرعة التنفس فى الإنسان وبعض الحيوانات (جدول ٦ ـ ١) .

جدول ٦ ـ ١ : سرعة التنفس فى بعض الحيوانات

النوع	سرعة التنفس / دقيقة	النوع	سرعة التنفس / دقيقة
الإنسان	١٦ ـ ١٨	الخنازير	٨ ـ ١٨
الخيول	٨ ـ ١٦	الكلاب	١٠ ـ ٢٠
الأبقار	١٨ ـ ٢٨	الأرانب	١٠ ـ ١٤
الجاموس	١٥ ـ ٣٠	القط	٢٠ ـ ٣٠
الأغنام	١٢ ـ ٢٠	الدجاج	١٥ ـ ٣٠
الماعز	١٠ ـ ١٨	الفأر	١٠٠ ـ ١٥٠

تنظيم التنفس : Control of breathing

يتم تنظيم وعمق التنفس طبقا للاحتياجات المتغيرة للجسم من الأكسجين . وعادة ما يكون التنفس زاتيا ولا إراديا ولا يمكن أن يكون تحت السيطرة الإرادية . والتنفس الهادىء ينظمه المراكز العصبية الموجودة بالنخاع المستطيل للدماغ . حيث تتكون هذه المراكز من مجموعتين من الخلايا توجد على جانبى النخاع المستطيل ومتصلان ببعضهما . وتقوم كل مجموعة بتنظيم وتنسيق حركة نصف القفص الصدرى الموجود فى نفس الجانب . وتحتوى كل مجموعة جانبية على خلايا تسبب عند تنبيهها الشهيق (مركز الشهيق) وخلايا أخرى يؤدى تنبيهها إلى الزفير (مركز الزفير) هذه المراكز تنتج تلقائيا مؤثرات إيقاعية منتظمة تؤدى إلى انقباض الحجاب الحاجز والعضلات الموجودة بين الضلوع .

وينظم إيقاع وعمق التنفس بدقة بواسطة تركيز ثانى أكسيد الكربون بالدم. فعند حدوث نشاط عضلى يرتفع مستوى ثانى اكسيد الكربون بالدم وبالتالى يزيد معدل التنفس. ويكون تأثير ثانى أكسيد الكربون بالفعل هو المسبب لزيادة تركيز أيون الايدروجين بالدم. هذه الزيادة فى أيون الايدروجين تنشط مركز التنفس بالنخاع المستطيل مما يؤدى لزيادة معدل وعمق التنفس .

والظواهر التالية عبارة عن حركات انعكاسية ترتبط بعملية التنفس :

١ - الكحــة Coughing : عبارة عن انعكاس تنفس Respiratory reflex سببه تهيج فى السطح المخاطى للبلعوم أو الجزء العلوى من القصبة الهوائية نتيجة لوصول حبيبات جافة فى الزور أو بلع لأبخرة مهيجة . وتمر الإشارة العصبية من أماكن التهيج لمركز التنفس فيحدث زفيرا قويا مفاجئا وتكون فتحة القصبة الهوائية مغلقة ثم تفتح فجأة .

٢ - العطس Neezing : تحدث الإشارة العصبية الواردة للمركز التنفسى نتيجة غازات مهيجة أو وجود أجزاء دقيقة على السطح المخاطى للممرات الأنفية . ونتيجة لذلك يحدث زفير عنيف Violent expiration تنقبض أثناؤه القنوات الأنفية الداخلية وينطرد الهواء إلى الأنف كمحاولة لطرد المادة المهيجة .

٣ - الزغطه Hiccough : عبارة عن انقباض مفاجىء للحجاب الحاجز مما يسبب شهيقا لا إراديا ويتسبب الصوت المعروف عن الغلق المفاجىء لفتحة القصبة الهوائية . وترد الإشارة العصبية اللازمة لمركز التنفس عن طريق إحدى فروع العصب التائه المعدية ويكون المنبه ناتج عن تهيج معدى .

حجوم وسعات هواء التنفس Air volumes and capacities

يمكن قياس كمية الهواء الداخلة أثناء الشهيق أو الخارجة أثناء الزفير باستخدام جهاز قياس التنفس Spirometer . وتختلف هذه الكميات باختلاف الحيوانات . ويمكن تقسيم حجم هواء التنفس إلى تحت أقسام كما يظهر باستخدام مقياس التنفس (شكل ٦ - ٧) إلى الأقسام التالية :

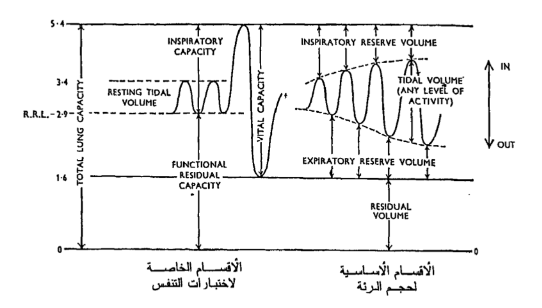
١ - حجم هواء التنفس العادى (العبورى) Tidal volume (TV) وهو عبارة عن حجم هواء الشهيق أو الزفير عند التنفس العادى . وهو يزيد عند الاثارة أو النشاط ويبلغ هذا الحجم ٥٠٠ مل فى الإنسان ، ٦٠٠ مل فى الحصان ، ٣٥٠٠ مل فى الأبقار ، ٣٠٠ مل فى الأغنام و ٢٠٠ مل فى الماعز .

٢ - حجم هواء الشهيق الاحتياطى Inspiratory reserve volume (IRV) وهو عبارة عن أقصى كمية من الهواء التى يمكن استنشاقها بالإضافة لكمية الهواء المستنشقة تحت الظروف العادية وهى تبلغ نحو ٢٠٠٠ مل فى الإنسان ، ١٢٠٠٠ مل فى الحصان ، ٣٥٠ - ١١٥٠ مل فى الأغنام .

٣ - حجم هواء الزفير الاحتياطى Expiratory reserve volume (ERV) وهو عبارة عن

أقصى كمية هواء يمكن طردها بعد الزفير العادى . وهى تبلغ نحو ١٢٠٠ مل فى الإنسان ، ١٢٠٠٠ مل فى الحصان ونحو ١٠٠ ـ ٢٥٠ مل فى الأغنام .

٤ – الحجم المتبقى Residual volume (RV) وهو عبارة عن كمية الهواء المتبقية بالرئة بعد أقصى زفير يمكن عمله . وتبلغ فى الإنسان نحو ١٥٠٠ مل ، وفى الحصان ١٢٠٠٠ مل .



شكل ٦ ـ ٧ : رسم توضيحى لأقسام حجم هواء التنفس

القيم على اليسار : تمثل المتوسط بالنسبة للإنسان و.R.R.L تعنى مستوى التنفس عند الراحة وكلمة حجم تمثل تحت قسم فى حين أن كلمة سعة تعنى قسمين أو أكثر من هذه التحت أقسام (عن بيل وآخرون)

وعند عمل اختبارات التنفس فإنه تقدر قيم خاصة لسعة الرئة تضم قسمين أو أكثر من أحجام هواء التنفس السابق ذكرها كالآتى :

١ – السعة الكلية للرئة Total lung capacity (TLC) وهى كمية الهواء الكلية الموجودة بالرئة بعد أقصى تنفس . وهى تعادل حجم هواء التنفس العادى + حجم الشهيق الاحتياطى + حجم الزفير الاحتياطى + حجم الهواء المتبقى (TLC = TV + IRV + ERV + RV) .

٢ – السعة الحيوية Vital capacity (VC) وهى عبارة عن أقصى كمية هواء يمكن طردها بعد أقصى استنشاق وهى تعادل حجم هواء التنفس العادى + حجم الشهيق

الاحتياطى + حجم الزفير الاحتياطى (VC = TV + TRV + ERV) .

٣ - حجم الهواء المتبقى الفعال Functional residual capacity (FRC) وهى عبارة عن كمية الهواء المتبقية بالرئة بعد الزفير الطبيعى وهى تعادل حجم الزفير الاحتياطى + حجم الهواء المتبقى (FRC = ERV + RV) .

٤ - سعة الشهيق Inspiratory capacity (IC) عبارة عن أقصى كمية هواء يمكن استنشاقها بعد زفير طبيعى وهى تعادل حجم هواء التنفس العادى + حجم هواء الشهيق الاحتياطى (IC = TV + IRV) .

ويلاحظ أن حجم الهواء الذى يصل للرئة يبلغ نحو ٧٠٪ من حجم الهواء المستنشق أما الكمية الباقية (٣٠٪) فإنها تحجز فى الممرات التنفسية ولا تشترك فى التبادل الغازى . ويطلق على هذا الحجم غير الفعال بالحجم الميت Dead space ويبلغ مقداره فى الإنسان نحو ١٥٠ مل . وهو يضم الهواء الموجود بالمناطق من الجهاز التنفسى التى لا يتم فيها تبادل غازات بين الدم والهواء فالأنف والبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية والشعب كلها مناطق لا يتم فيها تبادل غازى وتسمى بالمساحة الميتة . وهى تختلف إذا نظرنا إليها من الناحية التشريحية أو الوظيفية . فالحجم غير الفعال من الوجهة التشريحية عبارة عن أقصى سعة لهذه المناطق وهو لا يتغير كثيرا نتيجة لإنقباض أو انبساط الشعب الهوائية . أما من الوجهة الوظيفية فهو عبارة عن الحجم من هذه المناطق الذى يكون قبل الزفير مملوء بهواء يشبه فى تركيبه الهواء الجوى ويدخل هذا الهواء مع الشهيق التالى . وعليه نجد أن الهواء المتجدد فى الرئة هو ٣٥٠ مل وليس ٥٠٠ مل لوجود نحو ١٥٠ مل فى المساحات الميتة .

ويمكن حساب الحجم غير الفعال إذا عرفنا تركيز أحد الغازات فى كل من هواء الزفير والهواء الحويصلى وحجم هواء الزفير . فإذا افترضنا أن كمية هواء الزفير ٥٠٠ مل وتحتوى على ٤٪ ثانى أكسيد كربون فإن كمية ثانى أكسيد الكربون بهواء الزفير ستكون ٥٠٠ × ٤٪ = ٢٠ مل . ولكن هذا الـ ٢٠ مل ثانى أكسيد كربون تأتى فقط من × مل من هواء الحويصلات التى تحتوى على ٥,٥٪ ثانى أكسيد كربون (جدول ٦ - ٢) . وبذلك فإن × مل × ٥,٥٪ = ٢٠ مل أى أن × مل = ٢٠ × ١٠٠ ÷ ٥,٥ = ٣٤٦ مل . وبذلك فإن حجم الهواء الميت فى هذا المثال البسيط يكون ١٣٦ مل .

جدول ٦ ـ ٢ : تركيب هـواء التنفـس (٪)

المكـون	هـواء الشـهيق	هـواء الزفيـر	هـواء الحويصـلات
الأكسـجين	٢٠,٩٣	١٦,٨٩	١٤,٠٨
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٣	٣,٥٠	٨٠,٣٧
النيتروجيـن	٧٩,٠٤	٧٩,٦١	٥,٥٥
بخـار المـاء	متغيـر	مشـبع	مشـبع

وعلى ذلك يمكن حساب التهوية الرئوية Lung ventilation وهى كمية الهواء الداخلة فى الدقيقة بمعرفة حجم هواء الشهيق وعدد مرات التنفس فى الدقيقة . فإذا كان حجم هواء الشهيق ٥٠٠ مل وعدد مرات التنفس ١٦ مرة فى الدقيقة فإن التهوية الرئوية فى الإنسان تعادل ٥٠٠ × ١٦ = ٨٠٠٠ مل فى الدقيقة . ولكن إذا أخذنا فى الاعتبار حجم الهواء الميت فان الهواء المتجدد فى الرئة هو نحو ٣٥٠ مل لوجود ١٥٠ مل فى المساحات الميتة . وبذلك فإن التهوية الحقيقية تعادل ٣٥٠ × ١٦ = ٥٦٠٠ مل وليس ٨٠٠٠ مل .

تبادل الغازات فى الرئـة Gases exchange in lungs

يحمل الشريان الرئوى الدم ذو المحتوى المنخفض من الأكسجين للرئتين حيث يتفرع إلى فروع دقيقة جدا تنتهى بشبكة شعيرات دموية تحيط بالحويصلات الهوائية للرئة . جدر الحويصلات والشعيرات الدموية رقيقة جدا ورطبة وهذا يسمح بتبادل الغازات بسرعة حيث يمر الأكسجين من هواء الحويصلات للدم ويمر ثانى أكسيد الكربون من الدم للهواء . ويقوم الوريد الرئوى بإرجاع الدم المؤكسج Oxigenated blood للقلب ومنه للأنسجة .

تبادل الغازات فى الرئة يعتمد على الاختلاف بين ضغوط الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الحويصلات الهوائية للرئتين والدم الوريدى الواصل للرئة (شكل ٦ ـ ٨) . ضغط الأكسجين فى الحويصلات الهوائية للرئتين يكون أعلى (١٠٠ مم زئبق) عما هو فى الشعيرات الدموية الوريدية للرئتين (٤٠ مم زئبق) فى حين أن ضغط ثانى أكسيد الكربون فى الشعيرات الدموية يكون أعلى (٤٦ مم زئبق) عما هو فى الحويصلات الهوائية (٤٠ مم زئبق) . وهذا يفسر لماذا يمر الأكسجين من الهواء

للدم وثانى أكسيد الكربون من الدم للهواء الذى يطرد بعد ذلك .

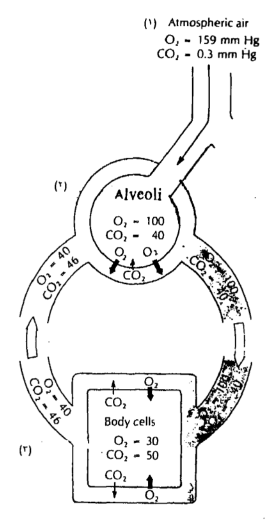
الأكسجين الممتص يرتبط بالهيموجلوبين الموجود بخلايا الدم الحمراء مكونا مركب مؤقت يسمى الاكس هيموجلوبين Oxyhemoglobin . فى الأنسجة حيث يكون تركيز الأكسجين منخفضا فان الاكس هيموجلوبين يحرر أكسجينه ويتحول إلى هيموجلوبين مختزل يكون جاهزا للارتباط مع الأكسجين . الأكسجين المتحرر يستعمل بواسطة خلايا الأنسجة ليؤكسد الغذاء المهضوم . ثانى أكسيد الكربون الناتج من عمليات الأكسدة يمر لسوائل الأنسجة حيث يمثل ضغط جزئيا عاليا فيها . الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون يكون فى الدم المار خلال الشعيرات الدموية للأعضاء منخفضا (٤٠ مم زئبق) عن ما هو موجود بخلايا الأنسجة (٥٠ مم زئبق) ولذلك فإن ثانى أكسيد الكربون ينتشر من سائل الأنسجة للدم (شكل ٦ ـ ٨) .

ثانى أكسيد الكربون لا يذوب فقط فى البلازما ولكنه أيضا يدخل فى مكونات كيماوية مع هيموجلوبين خلايا الدم الحمراء وأملاح البلازما . وهذا يساعد فى حمل وإخراج كل ثانى أكسيد الكربون الناتج فى الأنسجة . الدم الذى يفقد أكسجينه ويتشبع بثانى أكسيد الكربون يسمى بالدم الوريدى Venous blood . الدم الوريدى يمر للرئتين ليخرج ثانى أكسيد الكربون فى هواء الزفير ويرتبط بالأكسجين مكونا الدم الشريانى Artery blood .

نقل غازات التنفس بالدم

١ – نقل الأكسجين Transport of oxygen

الدم يقوم بمساعدة الصبغة التنفسية ـ الهيموجلوبين ـ بنقل الأكسجين من الرئتين للأنسجة وثانى أكسيد الكربون من الأنسجة للرئتين . الجزء الأكبر من الأكسجين يكون فى صورة مركب كيماوى غير ثابت هو الاكس هيموجلوبين Oxyhemoglobin وذلك لأن ذوبان الأكسجين فى الماء أو الدم منخفض جدا (٣,٠ مل / ١٠٠ مل دم أو ماء) . فعندما يستنشق هواء التنفس العادى فإن نحو ٩٦٪ من الهيموجلوبين يتحول إلى اكس هيموجلوبين مما ينجم عنه احتواء خلايا الدم الحمراء على نحو ٦٠ ضعف كمية الأكسجين الموجودة البلازما ، وحيث أن كل جزئى هيموجلوبين نظرا لتكونه من ٤ وحدات هيم Hame فإنه يتحد مع أربع جزيئات أكسجين . وإذا عرف أن الجرام من الهيموجلوبين يمكن أن يحمل بحد أقصى ١,٣ مل أكسجين تقريبا ويوجد فى دم الأغنام نحو ١٥ جرام هيموجلوبين لكل ١٠٠ مل دم فإن هذا يعنى أن كل ١٠٠ مل دم مؤكسج تحوى نحو ٢٠ مل أكسجين تقريبا . ويسمى هذا الدم بدم مشبع ١٠٠٪ .



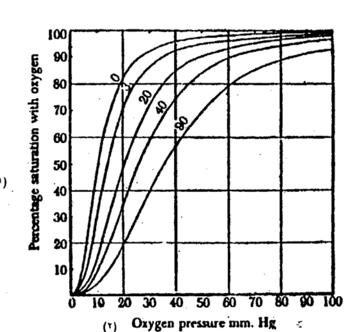
شكل ٦ ـ ٨ : تبادل الغازات التنفسية بين الدم والرئتين وخلايا الأنسجة. الأرقام تمثل الضغط الجوئى للغاز مقدرا بالمم / زئبق.
(عن هيكمان وآخرون)

(١) الهواء الجوى (٢) الحويصلات الرئوية (٣) خلايا الجسم

كمية الأكسجين التى تحملها جزيئات الهيموجلوبين بالدم ترتبط بالضغط الجزئى للأكسجين (PO_2) بالدم . فعند تعريض الدم ذو درجة الحموضة الثابتة لضغوط جزئية مختلفة من الأكسجين وبعد الوصول لحالة الإتزان يقدر المحتوى الأكسجينى للخلايا الحمراء ومنه يمكن الحصول على منحنى يمثل قدره الدم على الاتحاد بالأكسجين تحت ضغوط مختلفة من الأكسجين ويسمى بمنحنى تفكك الأكسجين Oxygen dissociation curve (شكل ٦ ـ ٩) . حيث يعبر فيه عن المحتوى الأكسجينى كنسبة تشبع . فإذا وجد بعد التعرض للأكسجين النقى أن محتوى الأكسجين ١٩ مل / ١٠٠ مل دم وأن هذا

الدم يسمى بدم مشبع ١٠٠٪ فإن عينة مشابهة من الدم لو عرضت لضغط أكسجين منخفضة وكانت تحتوى ٩,٥ مل / ١٠٠ مل فستكون نسبة تشبعها ٥٠٪ .

وتوضح منحنيات تفكك الأكسجين (شكل ٦ ـ ٩) تأثير تغير ضغط ثانى أكسيد الكربون على تفكك الاكس هيموجلوبين . فإذا تتبعنا المنحنى (صفر) من اليمين لليسار وحيث لا يوجد ثانى أكسيد الكربون فإن الدم سيكون متشبع تماما بالأكسجين عند ضغط أكسجين قدره ١٠٠ مم زئبق . وعند ضغط أكسجين يبلغ قدره ٤٠ مم زئبق فإن الدم يكون متشبع بمقدار ٩٦٪ ، وعند ضغط قدره ٢٠ مم زئبق فإنه يكون متشبع بمقدار ٨٣٪ . وعند ضغط أكسجين قدره صفر فإنه لا يحتوى أكسجين . وهذا يوضح أنه عند زيادة ضغط الأكسجين فإن التفاعل السابق يزيد جهة اليمين وان الاكس هيموجلوبين يتكون بكمية كبيرة كما هو الحال فى الرئتين . وعندما يقل ضغط الأكسجين كما هو الحال فى الأنسجة فإن التفاعل يزيد جهة اليسار وإن كمية أكبر من الأكسجين تتحرر . ومع زيادة الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون فإن منحنيات التفكك تنتقل لليمين . وهذه الحالة تعنى أنه مع وجود زيادة من ثانى أكسيد الكربون فإن الهيموجلوبين يستطيع حمل اكسجينا أقل . وتسمى هذه الظاهرة بتأثير بوهر Boher effect .



شكل ٦ ـ ٩ : منحنى تفكك الأكسجين بدم الإنسان ـ عند تعرضه لغاز ثانى أكسيد الكربون
عند ضغط يتراوح بين صفر ـ ٩٠ مم / زئبق
(عن فيرما وآخرون)

(١) نسبة التشبع بالاكسجين (٢) ضغط الأكسجين

مقارنة نفس المنحنى (منحنى صفر) الذى يمثل منحنى تفكك الأكسجين عند عدم وجود ثانى أكسيد الكربون مع منحنى وجود ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط ٤٠ مم زئبق (منحنى ٤٠) يمكن ملاحظة أنه عند ضغط جزئى للأكسجين قدره ١٠٠ مم زئبق فإنهما من الناحية العملية يكونا مشبعين تقريبا بالأكسجين أى أن الهيموجلوبين يكون كله تقريبا موجود فى صورة اكس هيموجلوبين . وعند ضغط جزئى للأكسجين قدره ٩٠ مم زئبق وهو تقريبا الضغط الموجود بالشرايين فإنهما يكونا متماثلين تقريبا ، حيث يكون منحنى (صفر) مشبع بحوالى ٩٩٪ ومنحنى (٤٠) مشبع بحوالى ٩٥٪ . وعند ضغط جزئى للاكسجين قدره ٤٠ مم زئبق وهو الضغط الموجود بالأوردة فإن منحنى (صفر) يظل مظهرا نحو ٩٥٪ تشبع فى حين أن منحنى (٤٠) ينخفض إلى تشبع قدره ٧٢٪ وهو ما يعنى أن وجود ٤٠ مم زئبق ثانى أكسيد كربون يسبب تفكك نحو ٢٣٪ من الأكسجين الموجود بالاكس هيموجلوبين . وهذا يوضح أن تأثير ضغط ثانى أكسيد الكربون يضاد مباشرة ضغط الأكسجين وكليهما مرغوب فسيولوجيا . وفى الأنسجة حيث تحتوى على ضغط جزئى منخفض من الأكسجين وعالى من ثانى أكسيد الكربون فإن الاكس هيموجلوبين يتفكك بسرعة ويصبح الأكسجين متوفرا لاحتياطات الأنسجة . وفى الرئة فإن ضغط الأكسجين يكون مرتفع ويتكون الاكس هيموجلوبين بسهولة رغم الضغط المرتفع من ثانى أكسيد الكربون .

رقم الحموضة والقلوية (PH) والحرارة ووجود الالكتروليتات تعتبر من العوامل الأخرى المؤثرة بدرجة كبيرة على نقل الأكسجين بواسطة الهيموجلوبين . فالنقص البسيط فى رقم الحموضة والقلوية (زيادة الحموضة) تشجع تفكك الاكس هيموجلوبين . وبذلك فإن الحموضة الناتجة عن ثانى أكسيد الكربون بالأنسجة تحفز تحرر الأكسجين للأنسجة . كذلك فإن الزيادة البسيطة فى الحرارة ووجود الالكتروليتات أيضا لهما تأثير مشابه على تفكك الهيموجلوبين ونقل الأكسجين بالدم .

ولقد ثبت أن مركبات عضوية فوسفاتية غالبا ما تكون مركب حامض الجليسريك ثنائى الفوسفات Diphosphoglyceric acid ذات تأثير ملحوظ على قدرة الهيموجلوبين فى ربط الأكسجين . فالتركيز العالى للجلسرات ثنائية الفوسفات 2,3-diphosphoglycerate (DPG) بخلايا الدم الحمراء يسرع من عملية تفكك الاكس هيموجلوبين . والعكس صحيح حيث أن التركيز المنخفض منها يسبب زيادة تكوين الاكس هيموجلوبين وتتكون هذه المركبات بخلايا الدم الحمراء من الجليكوز والفوسفات .

ومن الجدير بالذكر أن مركب الميوجلوبين Myoglobin الموجود بالعضلات الهيكلية عبارة عن جزئى بروتينى يحتوى على الحديد وتركيبه يشبه وحدة واحدة من جزئى

الهيموجلوبين . هذا المركب يشبه الهيموجلوبين فى قدرته على الارتباط بالأكسجين ولكن يبدأ فى إطلاق كميات محسوسة من الأكسجين فقط عند ما ينخفض ضغط الأكسجين لأقل من ٢٠ مم زئبق . ولذلك فعندما تكون العضلات فى حالة راحة أو تقوم بنشاط محدود فإن الميوجلوبين يحتفظ بأكسجينه . وخلال النشاط العضلى الكبير وحيث تستخدم العضلات الأكسجين بسرعة مما يؤدى لإنخفاض الضغط الجزئى للأكسجين بخلايا العضلات لنحو الصفر فإن الميوجلوبين يعطى أكسجينه . وبذلك فإن الميوجلوبين يمثل احتياطى إضافى للأكسجين اللازم لنشاط العضلات .

٢ - نقل ثاني أكسيد الكربون Transport of carbon dioxide

نظراً لأكسدة جزئيات الغذاء الغنية بالطاقة فإن ثانى أكسيد الكربون يتحرر ويتراكم مما يؤدى لزيادة ضغطه الجزئى وبالتالى انتشاره من الخلايا للدم المحيط من خلال جدر الشعيرات . وينقل ثانى أكسيد الكربون بواسطة ثلاثة طرق :

(أ) معظم ثانى أكسيد الكربون (٦٧٪) يحول داخل خلايا الدم الحمراء إلى حامض كربونيك عند إتحاده مع الماء . بعد ذلك يتحلل حامض الكربونيك إلى أيونات البيكربونات والايدروجين . وهذا التفاعل يبدأ ببطء شديد ولكن انزيم الكربونيك انهيدراز Carbonic anhydrase الموجود داخل خلايا الدم الحمراء يسرع هذا التفاعل (شكل ٦ - ١٠) .

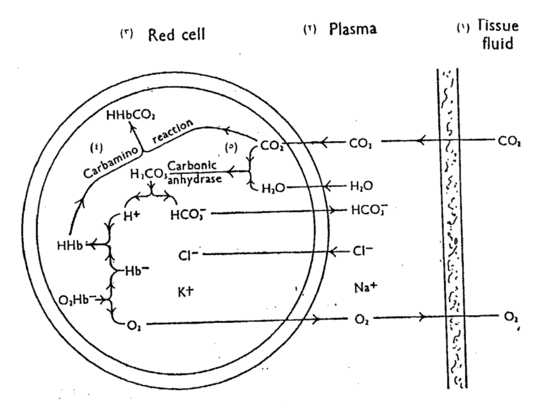
ماء + ثانى أكسيد كربون $\rightleftharpoons$ حامض كربونيك

حامض كربونيك $\rightleftharpoons$ بيكربونات$^{+}$ + ايدروجين$^{-}$

وينظم ايون الايدورجين بواسطة أجهزة تنظيم عديدة فى الدم منها دخول ايونات الكلوريد cl^{-} السالبة وهو ما يعرف بالتبادل الكلوريدى . وبذلك يمنع النقص الشديد لرقم الحموضة والقلوية بالدم (pH) ، ويبقى ايون البيكربونات فى محلول البلازما وفى سائل خلايا الدم الحمراء حيث أنها لا تشبه ثانى أكسيد الكربون فالبيكربونات تذوب بسرعة .

(ب) الجزء الثانى من ثانى أكسيد الكربون (٢٥٪) يرتبط عكسيا مع الهيموجلوبين ويحمل إلى الرئتين حيث يطلقه الهيموجلوبين بالتبادل مع الأكسجين .

(جـ) الجزء الثالث من ثانى أكسيد الكربون (٨٪) يحمل كغاز ذائب فى البلازما وخلايا الدم الحمراء .



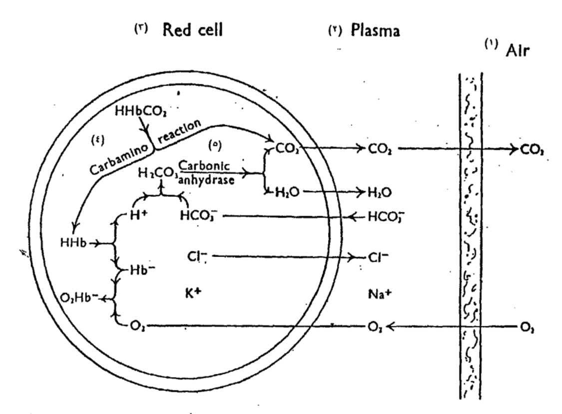
شكل ٦ ـ ١٠ : التفاعلات الحادثة عندما يدخل ثانى أكسيد الكربون ويخرج الأكسجين من خلايا الدم الحمراء بالشعيرات الدموية بأنسجة الجسم
(عن بيل وآخرون)

(١) سائل الأنسجه (٢) البلازما (٣) كرة دم حمراء (٤) تفاعل كربامينو (٥) كربونيك انهيدراز

وبمجرد أن يصل ثانى أكسيد الكربون الموجود فى صورة بِيكربونات أو حمض كربونيك أو مرتبطا بالهيموجلوبين أو ذائبا بالبلازما إلى أسطح التنفس فإنه يبدأ فى الانتشار من الدم لهواء الحويصلات بتأثير إنخفاض الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون بهواء الحويصلات . حيث يلاحظ أن البيكربونات تعود ثانيا للاتحاد مع ايون الايدروجين الناتج من تفكك الهيموجلوبين المحتوى على الايدروجين (H.Hb) وينتج عن ذلك حمض كربونيك . وهذا الحامض فى وجود انزيم الكربونيك انهيدراز يتحلل إلى ثانى أكسيد كربون وماء الذين يتحررا إلى الحويصلات ثم إلى الجو (شكل ٦ ـ ١١) .

وعلى ذلك فإن نقل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون مرتبطين فوجود ثانى أكسيد الكربون بالدم يسبب نقص كمية الأكسجين التى يمكن أن يحملها الدم عند أى ضغط نسبى . وتأثير هذا منبه لتحرر الأكسجين فى خلايا الأنسجة حيث يكون ضغط ثانى أكسيد الكربون مرتفعا وحمل الأكسجين عند أسطح التنفس حيث يكون ضغطه منخفضا.

وخلايا الأنسجة تحتاج باستمرار للأكسجين فى حين أنها تطرد ثانى أكسيد الكربون وينجم عن ذلك أن ضغط الأكسجين بالخلايا ينخفض فى حين يرتفع ضغط ثانى أكسيد الكربون . ويكون نتيجة ذلك انتقال الأكسجين من الدم لخلايا الأنسجة وانتقال ثانى أكسيد الكربون فى الإتجاه المعاكس .



شكل ٦ - ١١ : التفاعلات الحادثة عندما يدخل الأكسجين ويخرج ثانى أكسيد الكربون لخلايا الدم بالشعيرات الدموية المحيطة بحويصلات الرئـة

(عن بيل وآخرون)

(١) الهـواء (٢) البلازما (٣) كرة دم حمراء (٤) تفاعل كربامينو (٥) كربونيك انهيدراز

النسـبة التنفسـية Respiratory Quotient (R.Q)

تسمى نسبة ثاني أكسيد الكربون المتحرر إلى الأكسجين المستهلك في وحدة الوقت بالنسبة التنفسية . وبمعنى آخر النسبة بين حجم ثانى أكسيد الكربون الخارج فى عملية الزفير وحجم الأكسجين المستهلك والداخل فى عملية الشهيق . أى أن

$$\text{النسبة التنفسية} = \frac{\text{حجم ك أ}_2 \text{ الناتج فى وحدة الوقت}}{\text{حجم أ}_2 \text{ المستهلك فى وحدة الوقت}}$$

حجم الغاز تحت الظروف المعطاه من الحرارة والضغط يكون متناسب مع عدد الجزيئات التى يحتويها ولذلك فالنسبة التنفسية تكون أيضا عبارة عن نسبة عدد جزيئات ك أ٢ والأكسجين الموجوده فى كل تفاعل لأكسدة الكربوندرات والدهون والبروتينات.

وعند أكسدة الكربوئدرات فإن النسبة التنفسية تعادل ١ (واحد صحيح) وذلك لأن الأكسجين الداخل يساوى ثانى أكسيد الكربون الخارج كما يتضح من المعادلة التالية :

جلوكوز + ٦ أكسجين ⇌ ٦ ثانى أكسيد كربون + ٦ ماء + طاقة

وبذلك تكون النسبة التنفسية = $\frac{\text{٦ ثانى أكسيد كربون}}{\text{٦ أكسجين}}$ = واحد . ولكن فى حالة الدهون فإن النسبة التنفسية غالبا ما تكون نحو ٠,٧ وذلك لأننا لو أخذ تأكسد البالمتين كمثال يكون التفاعل كالآتى :

بالمتيك + ٧٢,٥ أكسجين ⇌ ٥١ ثانى أكسيد كربون + ٤٩ ماء + طاقة

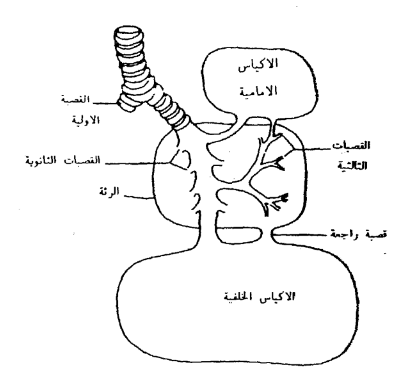
وبذلك تكون النسبة التنفسية = $\frac{\text{٥١ ثانى أكسيد كربون}}{\text{٧٢,٥ أكسجين}}$ = ٠,٧٠٣

أما النسبة التنفسية للبروتينات فتكون نحو ٠,٨ ونظرا لأن الحيوان يستخدم الثلاث مركبات وعليه تكون النسبة التنفسية متراوحة وبين ٠,٧ – ١ وهى غالبا ما تكون نحو ٠,٨٥ فى الإنسان .

وتقدير النسبة التنفسية مفيد فى الاستدلال على نوع مادة الغذاء المؤكسدة فإذا كانت قريبة من الواحد فهو دلالة على أكسدة الكربوندرات . وإذا قاربت ٠,٧ تشير إلى أن معظم المواد المؤكسدة يكون دهونا . ويجب أن نحتاط عند حساب النسبة التنفسية فى المجترات لأن هذه الحيوانات يتكون فى كرشها ك أ٢ ناتج من فعل الكائنات الحية الدقيقة على المواد السليلوزية .

حجم الرئتين بالطيور صغير نسبيا مقارنة بالثدييات وتقع الرئتان بالجهة الظهرية من القفص الصدرى وتلتصق بالاضلاع مما يحد من اتساعها . والحجاب الحاجز غير موجود بالطيور غير أن هناك تراكيب غشائية بين القفص الصدرى والتجويف البطنى . ويوجد بالطيور أكياس هوائية Air sacs مرتبطة بالرئتين يبلغ عددها تسعة بالطيور المنزلية (خمسة أمامية وأربعة خلفية) ولها دور هام فى عملية التنفس .

ويبدأ الجهاز التنفسى بالأنف والمزمار Glottis ثم القصبة الهوائية التى تتفرع لفرعين ويوجد فى منطقة التفريع عضو الصوت Syrinx بالطيور . وتتفرع القصبة الفرعية إلى فروع ثانوية Secondary bronchi مع استمرار الفرع الرئيسى للقصبة الذى ينتهى فى الأكياس الهوائية البطنية Abdominal sacs (خلفية) . وتتفرع القصيبات الثانوية إلى قصيبات ثالثة Tertiary bronchi .



شكل ٦ ـ ١٢ : الرئة والأكياس الهوائية بالطيور

ويتم تبادل الغازات فى منطقة القصيبات الثالثة ولذلك فإن هناك علاقة بين عدد هذه القصيبات وسرعة تبادل الغازات . ويوجد بالدجاج نحو ٣٠٠ ـ ٥٠٠ قصبة . ويبلغ عددها فى الطيور التى تطير لمسافات بعيدة أربعة أو خمسة أضعاف عددها بالدجاج . وتحتوى القصبات الثالثة شعيرات هوائية دقيقة تعمل عمل الحويصلات الهوائية بالثدييات . وتلاصق الشعيرات الدموية الرئوية الشعيرات الهوائية مما يسمح بسهولة انتشار الغازات حسب ضغطها . واتجاه مرور الهواء بالشعيرات الهوائية يكون عكس اتجاه سير الدم بالشعيرات الدموية مما يزيد من كفاءة الجهاز التنفسى .

وتتصل الأكياس الهوائية بالرئتين عن طريق القصبات الثانوية والثالثية . وهناك قصيبات تأخذ الهواء من الرئتين للأكياس الهوائية وقصيبات أخرى تعيد الهواء من الأكياس للرئتين . وتعد الأكياس الهوائية ممرات للهواء حيث أن تبادل الغازات فيها محدودا لقلة الشعيرات الدموية بجدرها . وتلعب الأكياس الهوائية دورا فى عملية التنفس فعند الشهيق تمتلىء الأكياس الخلفية بالهواء النقى الداخل عن طريق المسالك التنفسية . لذلك يشمل هذا الهواء الهواء الموجود فى المسالك التنفسية . وفى الوقت نفسه تمتلىء الأكياس الهوائية الأمامية بالهواء القادم من الرئتين أى تمتلىء بالهواء غير النقى . أما عند الزفير ، فإن الرئتين تمتلئان بالهواء النقى القادم من الأكياس الهوائية الخلفية وفى الوقت نفسه يخرج الهواء غير النقى الموجود بالأكياس الهوائية الأمامية عن طريق القصيبات الهوائية لخارج الجسم وبهذه الطريقة يتم تهوية الرئتين والأكياس الهوائية معا أثناء عملية التنفس .

تنفس الخلايا

Cellular respiration

يعتبر تنفس الخلايا من أهم العمليات اللازمة لحفظ الحياة سواء فى الكائنات البسيطة وحيدة الخلايا أو فى الكائنات المركبة عديدة الخلايا . توافر المركبات الوسيطة والطاقة اللازمة لهذا وإعادة بناء المادة الحية يلعب دورا هاما فى تنفس الخلايا . المادة الخام لهذه العملية هى المواد الغذائية المأكولة بواسطة الكائن الحى مثل الكربوئدرات والبروتينات والدهون . وإذا أخذت الكربوئدرات (الجلوكوز) كمثال فإن المعادلة التى تحكم التنفس هى :

جلوكوز + ٦ أكسجين ←ـــــــــ ثانى أكسيد الكربون + ٦ ماء + طاقة (١)

ويتضمن التنفس الخلوى جميع العمليات التى بواسطتها تتأكسد المواد الغذائية وينتج عن ذلك الطاقة التى تحتاجها الخلايا لأداء وظائفها . وعلى أساس المعادلة (١) فإن النواتج الثانوية هى الماء وثانى أكسيد الكربون . وتعتبر الكربوئدرات هى مادة التفاعل المباشرة لعملية التنفس فى حين أن البروتينات والدهون تستعمل بعد عمليات معقدة ومتداخلة .

عمليـات تنفـس الخــلايا

عملية تنفس الخلايا تتم من خلال ثلاث مسالك رئيسية هى : تخمر الجلوكوز Glucose Fermentation ، دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل Tricarboxylic acid cycle (TCA) ، والفسفرة Phosphorylation . المسلك الرابع والذى يسمى بأسماء مختلفة مثل مسلك البنتوز فوسفات Pentose Phosphate pathway أو مسلك الفسفوجليكونات Phosphogluconate ، التخمر الهوائى للبنتوز Aerobic pentose shunt أو دورة فاربورج - ديكنز - ليبمان Warburg - Dickens - Lipman cycle فإن دورة غير واضح فى الانتاج الكلى للطاقة ويبدوا أن فائدته للخلية قد تكون غير مباشرة .

(أ) تخمر الجلوكوز Glucose fermentation : هناك عمليتين لتخمر الجلوكوز يكونا مرتبطتين معا ويؤديا لتكسير الكربوئدرات فى غياب الأكسجين، هاتين العمليتين هما :

١ – تحلل الجلوكوز Glycolysis وفيها يتأكسد جزئى الجلوكوز لا هوائيا وينتج عن ذلك جزئين من حمض الاكتيك وطاقة فى صورة مركب ATP . (شكل ٦ - ١٣) .

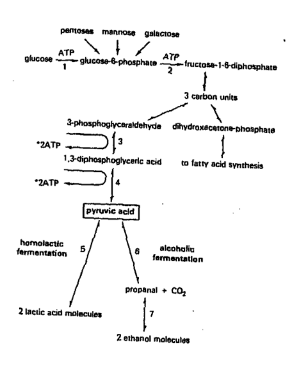
٢ – التخمر الكحولى Alchoholic fermentation وفيها يتكسر جزئى الجلوكوز ذو الستة ذرات كربون (ك٦ يد١٢ أ٦) لا هوائيا ليعطى جزيئين من كحول الايثايل ذو ذرتى الكربون (ك٢ يد٥ أيد) مع تحرر طاقة، جزيئين ثانى أكسيد الكربون وماء . وخلايا الخميرة تحدث هذا التفاعل الذى هو أساس انتاج البيرة . ويمكن تمثيل هاتين العمليتين بالمعادلات التالية :

جلوكوز + ٢ فوسفات + ٢ ADP ← حمض لاكتيك + ٢ ماء + ٢ ATP (٢)

جلوكوز + ٢ فوسفات + ٢ ADP ← ايثانول + ٢ ثانى أكسيد كربون + ٢ ماء + ٢ ATP (٣)

ويلاحظ من المعادلتين السابقتين أن كلا التفاعلين غير عكس وأن جزيئين من الـ

ATP ينتجا من كلا التفاعلين حيث أن كل كائن يقوم بالتفاعل الأول أو الثاني وليس الاثنين معا أى لا يوجد كائن ينتج أربعة جزيئات من الـ ATP . ويلاحظ أيضا أن الجلوكوز هو الموضح فى السلسلة كمادة تفاعل فى حين أن السكريات الأخرى مثل الجلاكتوز ، المانوز والسكريات الخماسية فتقوم بتوريد الجلوكوز اللازم للدورة حيث أن الجلوكوز يمثل أهم الكربوئدرات .



شكل ٦ ـ ١٣ : الخطوات الرئيسية فى تخمر الجلوكوز
(عن هيث وأوليسانيا)

ويستعمل جزئى واحد من الـ ATP عند كل من الخطوتين ١ ، ٢ فى الدوره الموضحة بشكل رقم ٦ ـ ١٣ . ويقوم الـ ATP بفسفره أو تزويد المركبات الوسطى التالية بالطاقة وهى الجلوكوز ـ ٦ ـ فوسفات والفركتوز ـ ١ ـ ٦ ـ ثنائى الفوسفات . ويشير السهم المنحنى فى الخطوات ٣ ، ٤ إلى إنتاج جزئين من الـ ATP عند كل خطوة . وينتج ٤ جزيئات من الـ ATP فى سلسلة التفاعلات التى تنتهى بحمض البيروفيك . ونظرا لأن جزيئين من الـ ATP يستعملا فى خطوتين ١ و ٢ فيكون الناتج النهائى هو جزيئين من الـ ATP يمدا الخلية بالطاقة اللازمة للعمليات الأخرى .

انتاج حمض البيروفيك يحدث فى كل من تحلل الجلوكوز والتخمر الكحولى . غير أن الانزيمات المساهمة فى كلا العمليتين مختلفة وهى تشمل : ١ ـ انزيم اللاكتيك ديهيد روجيناز ويشجع اختزال حمض البيروفيك إلى حمض لاكتيك فى تحلل الجلوكوز (خطوة ٥) . ٢ ـ انزيم البيروفيك ديكربوكسيلاز ويساعد تحول حمض البيروفيك إلى ثانى أكسيد كربون (خطوة ٦) . ٣ ـ انزيم الكحول ديهيدروجيناز يساعدا اختزال البروبانال Propanal إلى كحول ايثايل (خطوة ٧) .

جزئى الـ ATP يحتوى ثلاثة مجاميع فوسفاتية مرتبطة معا برابطة تعاونية . وعند التحلل الانزيمى لكل من هذه المجاميع فإن التفاعل يكون مصحوبا بانطلاق قدر من الطاقة الحرة (Δ F) تقوم مكونات الخلية بالاستفادة من هذه الطاقة . القدر المتحرر من الطاقة يختلف حسب الرابطة المحللة حيث أن جزئى الـ ATP يحتوى على رابطتين غنيتين بالطاقة ورابطة فقيرة كما يتضح من الآتى :

ATP + ماء ← ADP + فوسفات ... الطاقة الناتجة ١١,٥ كيلو سعر (٤)

ADP + ماء ← AMP + فوسفات ... الطاقة الناتجة ١١,٥ كيلو سعر (٥)

AMP + ماء ← ادينوزين + فوسفات ... الطاقة الناتجة ٢ كيلو سعر (٦)

ورغم أن تخمر الجلوكوز عملية لا هوائية ، فإن العملية يمكن أن تحدث فى الكائنات الهوائية ، وأن الكائنات الهوائية تعمل على استخدام الأكسجين فى بعض العمليات ، غير أن الأكسجين لا يتدخل فى عملية تخمر الجلوكوز . بعض الكائنات الهوائية طبيعيا وذات الاحتياجات البسيطة من الطاقة يمكن أن تستعمل هذه العملية لتعيش لفترات طويلة بدون أكسجين حيث أن تحرر جزئين من الـ ATP عند تخمر الجلوكوز يسمح بتوفير قدر محسوس من الطاقة للخلية .

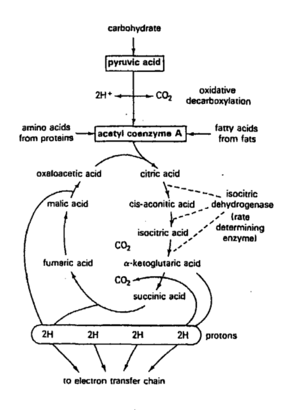
(ب) دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل (دورة كربس) Tricarboxylic acid cycle (krebs cycle)

حمض البيروفيك الناتج من تخمر الجلوكوز يمكن أن يستخدم فى تمويل دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل (شكل ٦ ـ ١٤) وهى عملية هوائية لأنها تتضمن استخدام الأكسجين . وتتوافر الانزيمات ومرافقات الأنزيمات اللازمة لها بداخل ميتوكوندريا الخلايا . ويتعرض حمض البيروفيك للأكسدة المؤدية لنزع مجموعة كربوكسيل منه وينتج عن ذلك استيل كوانزيم أ Acetyl Co. A أو الخلات النشطة Active acetate . الأنزيم المسئول عن ذلك هو الديكربوكسيلاز المؤكسد Oxidative decarboxylase .

الخلات النشطة المتكونة من حمض البيروفيك ترتبط مع حمض الاكسالوخلات الموجود طبيعيا بالخلية لتكون حمض ستريك . هذا المركب يتعرض لسلسلة من التفاعلات الانزيمية التى ينتج عنها ثانى أكسيد الكربون . ويكون نتيجة الدورة أن الجزئى الواحد من الجلوكوز يتأكسد كلية إلى ثانى أكسيد كربون وماء . حمض الاكسالوخلات المتكون باستمرار يتحد مع الخلات النشطة ولذلك فإن العملية كلها تستمر بشكل دورة .

خلال هذه العمليات يحدث نقل للالكترونات عند نقط مختلفة من الدورة وحيث يظهر ٢ (يد+) فى الشكل رقم ٦ ـ ١٤ فإن هذا يشير إلى أن ذرتى ايدروجين أى بروتونين والكترونين قد نتجوا.المعادلة الكيماوية التى تمثل العملية الحادثة هى :

حمض بيروفيك + ٢,٥ أكسجين ← ٢ ماء + ٣ ثانى أكسيد كربون + طاقة (٧)



شكل ٦ ـ ١٤ : دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل
(عن هيث وأوليسانيا)

وهذه المعادلة رقم ٧ تعنى أن ذرات الكربون الثلاث الخاصة بحمض البيروفيك سيصبحوا ٣ جزيئات ثانى أكسيد كربون أحدهم سينتج عند تكوين الاستيل كوانزيم أ والاثنين الاخرين سينتجوا خلال الدورة نفسها . ويتحد خمسة أزواج من ذرات الايدروجين مع خمسة ذرات أكسجين (نظرا لأن العملية الداخلية تكون هوائية) لتكوين خمسة جزيئات ماء ، ولكن ثلاث من هذه الجزيئات تستهلك بعد ذلك .

وتعتبر دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل هامة جدا فى تنفس الخلايا للأسباب التالية :

١ – هذه الدورة تشغل موضعا مركزيا فى التمثيل العام للخلايا .

٢ – المركبات الوسطى فى تمثيل الكربوئدرات ، الدهون والبروتين وكذلك نواتج عمليات الهدم تتضمنها العملية .

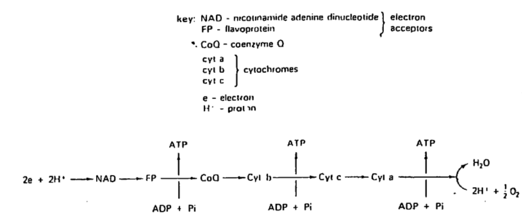
٣ – العمليات الهامة الأخرى لإنتاج الطاقة تحصل على الالكترونات من هذه العملية .

٤ – تعتبر هذه الدورة المصدر الرئيسى للطاقة الحرة للكائن الحى . وينتج نحو ٣٦ جزئى ATP خلال مراحل هذه الدورة .

جـ) الفسـفرة المؤكسـدة Oxidative phosphorylation :

سلسلة الأكسدة أو التنفس ربما يمكن تعريفها بأنها تكوين مركبات فوسفاتية غنية بالطاقة بواسطة عمليات تتضمن الأكسدة . هذه العمليات ترتبط تماما بدورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل التى توفر المواد البادئه مباشرة . وتحدث السلسلة التنفسية فى ميتوكوندريا الخلايا . ومجموعة الانزيمات التى تتضمنها العملية هى السيتوكرومات Cytochromes التى تساعد فى عمليات الأكسدة التى تستفيد من ذرات الايدروجين لإنتاج جزيئات ماء وجزيئات ATP . وهناك ثلاثة مواقع بالسلسلة يتم فيها تخليق جزيئات الـ ATP . وفى كل موقع يتم اتحاد الـ ADP مع الفوسفات لتكوين جزيئى واحد من الـ ATP وهذا يعنى أنه خلال كل عملية من سلسلة الأكسدة يتم تكوين ثلاثة جزيئات من الـ ATP (شكل ٦ ـ ١٥) .

ولما كانت العمليات الخلوية تتميز بالتغير المستمر كما أن عمليات الميتابلزم مستمرة ولذلك فإن إنتاج الطاقة يكون مستمر . الطاقة الناتجة من سلسلة نقل الالكترونات (شكل ٦ ـ ١٥) تضاف لمخازن الطاقة حيث تستعمل عند الحاجة



شكل ٦ ـ ١٥ : سلسلة نقل الالكترونات الحادثة خلال عملية الفسفرة المؤكسدة – NAD – نيكوتين اميدادنين داى نيكيلوتيد ، FP – فلافوبروتين ، Cyt – سيتوكروم ، e ـ الكترون ، H – بروتون ، Co Q – كوانزيم Q (عن هيث وأوليسانيا)

إليها فى أنشطة الجسم المختلفة مثل النشاط العضلى الحادث عند المشى أو الجرى .

والخلاصة أن تنفس الخلايا يتضمن الهدم الكامل للمواد الغذائية (كربوندرات ـ دهون بروتينات) بمساعدة الأكسجين لإنتاج الطاقة اللازمة للحيوان . الطرق التى بها تتحلل هذه المواد الغذائية ترتبط ببعضها جيدا . ويلاحظ أن دورة الحمض ثلاثى الكربوكسيل وسلسلة الأكسدة (التنفس) كلاهما هوائى . ورغم أن تخمر الجلوكوز الذى يشمل عملية تحلل للجلوكوز وعملية تخمر كحولى يطلق عليه تخمر لا هوائى ، إلا أن الكائنات الهوائية تستعمل التخمر الجلوكوزى لإنتاج الطاقة .

العوامل التى تؤثر على سرعة وناتج التنفس الخلوى

هناك عوامل عديدة تؤثر على سرعة وناتج عملية التنفس الخلوى وأهم تلك العوامل هى :

١ – الحرارة : تعتبر من العوامل الهامة المؤثرة على معدل التنفس وذلك لأن الانزيمات تعتمد فى فعلها على الحرارة . وحيث أن التنفس يتضمن سلسلة من التفاعلات التى تساعدها الانزيمات ، فإن زيادة الحرارة يتبعها زيادة سرعة التنفس حتى النقطة التى يحدث منها دنترة للانزيمات . وفى الحيوانات ذات الدم الحار فإن الحرارة المثلى للأنشطة التمثيلية بما فيها التنفس تكون نحو ٣٧° م . ولكن فى

الحيوانات ذات الدم البارد فإن القيم قد تختلف عن ذلك .

٢ - توافر مادة التفاعل : نوع مادة التفاعل Substrate التى يمكن استخدامها فى التنفس فى حيوان ما عند أى وقت يكون لها تأثير على نسب الغازات المستهلكة والناتجة .

٣ - توافر الأكسجين : معدل وناتج التنفس يتأثر بمدى توافر الأكسجين وذلك لأن تركيز الأكسجين يحدد أى مسلك يمكن لحمض البيروفيك الناتج عند نهاية التحلل اللا هوائى للجلوكوز أن يسلكه . وكقاعدة عامة فما فوق تركيزات ٢٪ فإنها تستمر من خلال الاستيل كوانزيم أ لدورة كربس فى حين أن أقل من هذا التركيز فإنها تتحول إلى كحول وثانى أكسيد الكربون .

الفصل السابع
الجهـــاز الهضـــمي
The digestive system

تحتاج كل الكائنات الحية إلى طاقة تساعدها في المحافظة على نظامها وكيانها المعقد . تنطلق تلك الطاقة عند تكسير الروابط الكيماوية في المركبات الغذائية التي يحصل عليها الكائن الحي من البيئة المحيطة به ويحولها لمركبات أقل تعقيداً مع تكسير روابطها وإطلاق الطاقة منها .

والشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة والتي تستمد منها الحياة على الأرض ، حيث تمتص جزيئات الكلوروفيل في النبات أشعة الشمس وتحول جزءاً من هذه الطاقة إلى روابط كيماوية غنية بالطاقة توجد بالغذاء . وتعتبر النباتات الخضراء من الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophic حيث تحتاج فقط من البيئة المحيطة لبعض المركبات غير العضوية لكي تنتج المواد الخام اللازمة للتخليق والنمو . ولكن الحيوانات فغالباً ما تعتبر كائنات متباينة التغذية Heterotrophic حيث تعتمد على المركبات العضوية جاهزة التخليق من النباتات والحيوانات الأخرى لكي تستمد المواد التي تحتاجها للنمو والتكاثر . وعليه فإن غذاء الحيوانات غالباً ما يتكون من أنسجة الكائنات الأخرى المعقدة والتي تكون أحجامها كبيرة بدرجة يصعب امتصاصها مباشرة بواسطة خلايا الجسم ، لذلك يجب تكسيرها أو هضمها إلى جزيئات ذائبة صغيرة بالقدر الكافي الذي يسهل معه استخدامها .

ويمكن تقسيم الحيوانات إلى ثلاثة أقسام على أساس سلوكها وعاداتها في التغذية :

١ - آكلات الأعشاب Herbivores التي تتغذى أساساً على النباتات وهي تضم مجموعتين من الحيوانات هما المجترات Ruminants مثل الماشية والأغنام والماعز والجمال ، وغير المجترات Non-ruminants مثل الحصان والحمار .

٢ - آكلات اللحوم Carnivores التي تتغذى على لحوم الحيوانات مثل الكلب والقط .

٣ - الحيوانات الرمية Omnivores وتتغذى على كل من المواد النباتية أو الحيوانية مثل الخنازير .

وتتحول أنواع الطعام المأكول بواسطة عملية الهضم Digestion إلى جزيئات ذائبة تمتص بواسطة الدم ومنه للأنسجة المختلفة حيث يتم أكسدتها أو احتراقها لكي تنتج الطاقة اللازمة لأنسجة الجسم . غير أن كثيراً من الطعام قد لايستخدم في الحال ولكن يخزن للاستخدام وقت الحاجة . وبعد ذلك فإن نواتج عملية الأكسدة أو المواد التي لا تهضم يتم إخراجها . وتسمى كل هذه العمليات في مجملها بعملية التمثيل Metabolism .

أعضاء الجهاز الهضمي The digestive organs :

يتركب الجهاز الهضمي من أعضاء ترتبط مباشرة بعمله في استقبال ، هضم وامتصاص الطعام وكذلك بمرور المواد الغذائية خلال أجزاء الجسم وطرد الجزء غير المهضوم من الغذاء . ويتكون الجهاز الهضمي من :

(أ) القناة الهضمية Alimentary canal : وهي تمتد من الشفتين Lips إلى فتحة الشرج Anus (شكل ٧-١) وتضم الفم Mouth ، البلعوم Pharynx ، المريء Oesophagus ، المعدة Stomach ، والأمعاء الصغيرة Small intestine ، الأمعاء الغليظة Large Intestine والمستقيم Rectum .

(ب) ملحقات أعضاء الهضم Accessory digestive organs : وتضم الأسنان Teeth ، اللسان Tongue ، الغدد اللعابية Salivary glands ، الكبد Liver والبنكرياس Pancreas .

(أ) القناة الهضمية Alimentary canal :

١ - القناة الهضمية فى المجترات Ruminants :

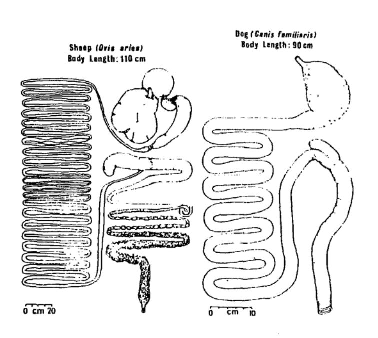
القناة الهضمية في المجترات أكثر تعقيداً عن نظيرتها في غير المجترات (شكل ٧-١) فالمعدة تتركب من أربعة حجرات هي : الكرش Rumen ، الشبكية Reticulum ، الورقية Omasum والأنفخة Abomasum . والأمعاء عبارة عن قناة طويلة يبلغ طولها نحو ٥٠ متر في الماشية ونحو ٢٥ متر في الأغنام والماعز . الثلاثة حجرات الأول من المعدة المجترة تمثل امتداد أو اتساع للجزء الأخير من المريء في حين أن الأنفحة هي المعدة الحقيقية . هذا المظهر المميز لمعدة المجترات يبدو أنه تطور تحت تنبيه واحتكاك المواد الغذائية به عندما تمر بسرعة وبدون مضغ جيد .

سعة القناة الهضمية تختلف باختلاف نوع الحيوان (جدول ٧-١ ، ٢) . ويلاحظ أن السعة المطلقة Absolute capacity تعنى سعة القناة الهضمية بعد ذبح الحيوان وتفريغ

محتوياتها ثم ملئها بالماء . ومن غير المعقول أن تعبر هذه القيم عن السعة الفسيولوجية الطبيعية داخل الحيوان الحي والتي تقدر بتفريغ محتويات المعدة Physiological capacity والأمعاء من الغذاء والماء . والسعة الفسيولوجية أقل كثيراً عن السعة المطلقة . فمثلاً السعة الفسيولوجية لكرش الأبقار تبلغ نحو ٥٠ لتر وتبلغ في الأغنام نحو ٨ لتر وهو ما يقل كثيراً عن السعة المطلقة (جدول ٧-١) .

الفـــم Mouth :

عبارة عن عضو وظيفته تناول الغذاء ، المضغ ، الخلط باللعاب والاجترار . ويتم تناول الطعام بمساعدة اللسان الخشن والأسنان . وتختلف الحيوانات في طريقة تناولها الغذاء فالفصيلة البقرية تستخدم لسانها الطويل في تناول الغذاء حيث يلتف اللسان حول الغذاء ثم يرتد للفم وتقوم القواطع الموجودة بالفك السفلي ووسادة الأسنان في الفك العلوي بقطع نباتات المرعى . وتتميز الأغنام بأن الشفة العليا مشقوقة مما يمكنها من الرعي على مستوى قريب من الأرض . وتستخدم الأبقار والأغنام اللسان أيضاً لتناول المواد المركزة . وتستخدم الخيل الشفاه في تناول الغذاء كما تستخدم الأسنان في قطع الحشائش والأغذية الخشنة .



شكل ٧-١ : القناة الهضمية في الأغنام كحيوان مجتر (أيمن) وفي الكلب كحيوان غير مجتر (أيسر) . (عن سوينسون)

وبعد أن يتم تناول الطعام يبدأ الحيوان في عملية طحن الغذاء أو اجتراره حيث أن المواد الخشنة التي طحنت مبدئياً خلال المضغ الأولي وخزنت بالكرش الذي تتعرض فيه لفعل الكائنات الحية الدقيقة تدفع مرة أخرى للكرش لإعادة المضغ . ذلك يتم عن طريق انقباض جزئي للشبكية لينتقل جزء من الكتلة الغذائية بالقرب من المنطقة الفؤادية ثم ينقبض الحجاب الحاجز مع توقف التنفس فينخفض الضغط داخل الصدر ومنطقة المريء فتندفع الكتلة الغذائية من المنطقة الفؤادية للمريء ثم إلى الفم بمساعدة الحركة الدودية العكسية للمريء . وارتجاع البلعات التي تزن نحو ٩٠-١٢٠ جم يحتاج ٣ ثواني لذهابه للفم ، ٥٠ ثانية لإعادة مضغه ونحو ٥-١٠ ثانية لعودته ثانياً . وعليه فالاجترار عملية تستغرق وقتاً طويلاً يصل لنحو ٨ ساعات يومياً . وإذا أزعج الحيوان أو نبه أو مرض تتأثير عملية الاجترار .

وتتم عملية مضغ الغذاء بمساعدة الأسنان . وتتميز الثدييات بوجود أربعة أنواع من الأسنان تتحور كل منها لوظيفة معينة فنجد القواطع Incisors قد خصصت لعملية القص والقطع ، والانياب canines لعمليات التمزيق والثقب ، الضروس الأمامية والخلفية Molars تستخدم للطحن والجرش . ويحدث تحور لهذا النظام في الحيوانات المختلفة تبعاً لطبيعة الغذاء . فالمجترات لا يوجد فيها قواطع بالفك العلوي ويوجد بدلها وسادة غضروفية كما أن الضروس جيدة التكوين وتقوم الفكوك بحركة رأسية أفقية .

وبعد أن تمضغ البلعة وتختلط بالغذاء فإنها تبلع مرة أخرى بمساعدة عضلات الزور . وفي هذا الوقت تكون البلعة نصف جافة وتمر للحوصلة الظهرية من الكرش ومنها تمر في النهاية للانفحة عبر الشبكية والورقية .

الماء والسوائل الأخرى تشرب عن طريق المص مع قفل الشفتين ما عدا المنطقة الامامية حيث تكون فتحة مغموسة في السائل ويكون اللسان هو المسؤول عن المص ، أما القطط والكلاب فتشرب عن طريق عمل ما يشبه الملعقة باستخدام الطرف الحر من اللسان وبواسطته يحمل السائل للفم . وتصل السوائل مباشرة للشبكية و/ أو الورقية وهذا يتم بمساعدة الميزاب المريئي Oesophageal groove .

جدول ٧-١ : السعة المطلقة لأجزاء القناة الهضمية في الحيوانات المختلفة (لتر)

جزء القناة الهضمية	الإنسان ٦٨ كجم	الماشية ٤٥٠ كجم	الأغنام ٧٥ كجم	الحصان ٦٨٠ كجم	الكلب ١٨ كجم
الكـــرش	–	٢٠٢	٢٣	–	–
الشـــبكية	–	٨	٢	–	–
الورقيـــة	–	١٩	١	–	–
الأنفحـــة	١	٢٣	٣	١٨	٣ر٤
الأمعاء الدقيقة	٤	٦٦	٩	٥٣	٦ر١
الأعـــور	—	١٠	١	٤٤	١ر
الأمعاء الغليظة	١	٢٨	٥	٩٦	١
السعة الكلية للقناة الهضمية	٦	٣٥٦	٤٤	٢١١	٧

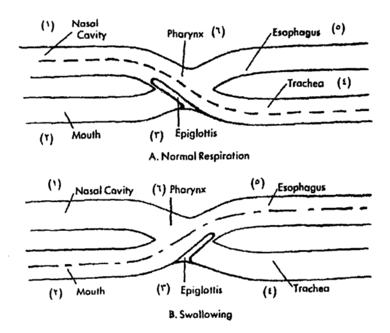
جدول ٧-٢ : السعة النسبية لاجزاء القناة الهضمية في الحيوانات المختلفة
(٪ من السعة الكلية للقناة الهضمية)

جزء القناة الهضمية	الحيـــــوان				
	الإنسان	الماشية	الاغنام	الحصان	الكلب
الكـــرش	–	٥٣	٥٣	–	–
الشـــبكية	–	٣	٥	–	–
الورقيـــة	–	٥	٢	–	–
الأنفحـــة	١٧	٦	٧	٩	٦١
الأمعاء الدقيقة	٦٦	٢٠	٢٠	٢٥	٢٤
الأعـــور	—	٢	٢	٢١	١
الأمعاء الغليظة	١٧	١١	١١	٤٥	١٤

البلعـــوم Pharynx :

عبارة عن قناة مشتركة بين كل من الجهازين الهضمي والتنفسي ويفتح فيه من المقدمة الفم وزوج الفتحات الخلفية للممرات الهوائية الأنفية كما يفتح على جانبيه قناتي استاكيوس Eustachian tubes . ومن الخلف ينتهي البلعوم بالحنجرة والمريء ولذلك نجد

أن هواء الشهيق يمر خلال الممرات الهوائية الأنفية ويعبر البلعوم ليدخل القصبة الهوائية عن طريق الحنجرة بينما يدخل الطعام من الفم للبلعوم ليدفع داخل المريء عن طريق حركة العضلات البلعومية . ولذلك فإن طريق الهواء والطعام يتقاطع في البلعوم . وينظم لسان المزمار Epiglottis مرور الهواء أو الطعام للحنجرة أو المريء (شكل ٧-٢) . وعند بلع الطعام يدفع اللسان البلعة الغذائية الرطبة تجاه البلعوم ، وعند ذلك تسد الفتحة الأنفية الداخلية بطريقة عصبية . وينقلب لسان المزمار على فتحة القصبة الهوائية ليسدها تماماً . وعند وصول البلعة للمريء فإنها تمر فيه بمساعدة الانقباضات الدودية لعضلاته .



شكل ٧-٢ : علاقة البلعوم والفم بالحنجرة والمريء وذلك خلال التنفس الطبيعي (A) وعند بلع الغذاء (B) (عن فراندسون)

(١) تجويف الأنف (٢) الفم (٣) لسان المزمار (٤) القصبة الهوائية (٥) المريء (٦) البلعوم

المـــــريء Oesophagus :

عبارة عن أنبوبة عضلية تمتد من البلعوم إلى فتحة الفؤاد المعدية Cardia . ويمتد المريء من الجهة الظهرية للقصبة الهوائية داخلاً التجويف الصدري ليخترقه فيما بين الأورطي والقصبة الهوائية ممتداً في هذا الوضع إلى أن يصل الحجاب الحاجز ثم يتصل مباشرة بالمعدة داخل التجويف البطني عند فتحة الفؤاد .

يتكون جدار المريء من طبقتين من العضلات يتقاطعان عرضياً ثم حلزونياً وأخيراً يتحولا إلى دائرية توجد بالداخل وطولية توجد بالخارج . وتتحول ألياف هذه العضلات من المخططة للناعمة عند بداية الثلث الأخير للمريء . وفتحة الفؤاد تقفل جيداً بواسطة انقباض مجموعة عضلات دائرية تسمى العضلة العاصرة الفؤادية Cardiac sphincter . هذه العضلة تتمدد وتنبسط ولذلك تفتح الفتحة الفؤادية عند مرور بلعة الغذاء للداخل أو الخارج من الكرش أو عند هروب الغازات .

المعـــدة The stomach :

تتكون معدة الحيوانات المجترة من أربعة حجرات (شكل ٧-٣) هي الكرش ، الشبكية ، الورقية والأنفحة .

١ - الكـــرش The rumen :

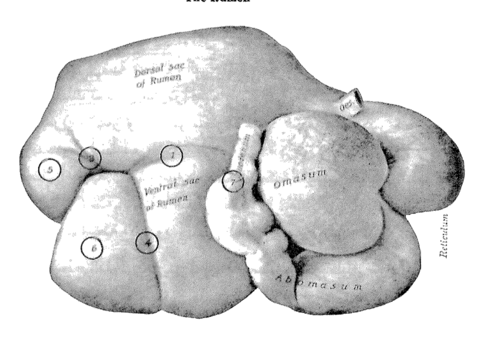
يعتبر الكرش أكبر أجزاء المعدة خاصة في الحيوانات الكبيرة (جدول ٧-٣) ويقوم بدور هام في هضم الغذاء . والكرش عبارة عن حجرة تمتد من خلف الحجاب الحاجز إلى الحوض ويكاد يملأ الجانب الأيسر من التجويف البطني . ويقسم الكرش إلى أكياس بواسطة دعامات كرشية Pillars والتي تظهر على السطح الخارجي للكرش مثل الأخاديد Grooves . وبذلك نجد أن الكرش يقسم إلى كيس ظهري وآخر بطني بواسطة الأخدود الطولي الأيمن والأيسر وكذلك بواسطة الأخدود الخلفي . والكيس الظهري يعلو الكيس البطني ويستمر رأسياً مع الشبكية أعلى ثنية الكرش والشبكية Rumino-reticular fold والتي تفصل أرضية الكرش عن أرضية الشبكية . ويقسم الكيس الظهري إلى جزئين أمامي وخلفي بواسطة الأخدود التاجي الظهري Dorsal coronary pillars . وبالمثل يقسم الكيس البطني بواسطة الأخدود التاجي البطني Ventral Coronary Pillars .

ويبطن السطح الداخلي للكرش بواسطة نسيج طلائي طباقي وينتشر على هذا السطح وخاصة الكيس البطني حلمات أو بروزات Papillae مخروطية الشكل ويصل وطولها لنحو ١ سم في حين أن هذه الحلمات تختفي تقريباً من سطح الكيس الظهري (شكل ٧-٤) .

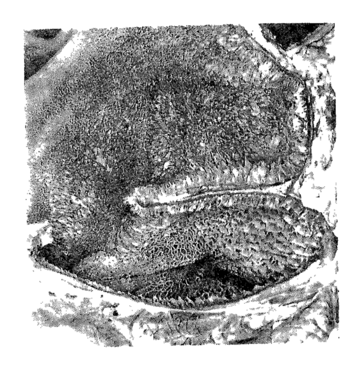
جدول ٧-٣ : تطور أجزاء معدة ذكور الأغنام

العمر (يوم)	الوزن (٪ من وزن المعدة كلها)			المعدة كلها كنسبة من القناة الهضمية كلها
	الكرش والشبكية	الورقية	الأنفحة	
١	٣١	٨	٦١	٢٢
١٤	٣٦	٥	٥٩	٢٥
٣٠	٦٣	٥	٣٢	٢٧
٤٩	٧١	٥	٢٤	٣٥
١١٢	٧٣	٦	٢١	٣٩
كبيرة	٦٩	٨	٢٣	٤٩

The Rumen



شكل ٧-٣ : معدة الأبقار : oes – المريء ، ١ – الأخدود الطولي الأيمن ، ٢ – الأخدود الخلفي ، ٣-٤ الأخاديد التاجية ، ٥-٦ الأكياس الخلفية للمعدة ، ٧ – المنطقة البوابية . (عن فراندسون)



شكل ٧-٤ : مقطع بكرش ثور موضحاً حلمات الكرش . (عن هيث وأوليسانيا)

٢ - الشـــبكية Reticulum :

عبارة عن الحجرة المتقدمة من المعدة المجترة وشكلها يشبه الدورق وأحياناً يطلق عليها قرص العسل Honey comb وذلك لأن جدارها الداخلي مقسم إلى نتوءات تأخذ شكلاً سداسياً يعطيه شكل شمع الأساس في قرص العسل . ويغلف سطحها الداخلي نسيج طباقي . وتقع الشبكية خلف الحجاب الحاجز تجاه القلب مباشرة ولذلك فإن وجود مواد صلبة أو حادة في الغذاء تتجمع في الشبكية مما قد يؤدي لاختراقها جدر الشبكية ووصولها للقلب مؤدياً لحدوث مرض التهاب التامور الوخذي الذي يكثر حدوثه عند تغذية الحيوانات على دريس أو تبن معبأ في حزم مربوطة بالأسلاك .

الأخدود الشبكي Reticular groove والذي غالباً ما يسمى الميزاب المريئي Oesophgeal groove والذي يمتد من فتحة الفؤاد إلى الورقية يتكون من ثنيتين عضليتين بانطباقهما تتكون قناة تسمح بمرور المواد من المريء للورقية مباشرة . وظيفة هذا الميزاب تكون أوضح ما يمكن في الحيوانات المجترة الصغيرة حيث يعمل على مرور اللبن والسوائل مباشرة للورقية دون المرور بالشبكية أو الكرش . ولكن بمرور الوقت يضمحل رد الفعل الذي ينظم ضم أو فتح حافتي الميزاب . ولكن رغم ذلك فلقد ثبت أنه في الأغنام قد

يحدث مرور لبعض المواد للأنفحة مباشرة .

٣ - الورقيـــة Omasum :

عبارة عن عضو كروي الشكل يمتلىء بالوريقات العضلية التي ينتشر فوق سطحها حلمات تغطى بغشاء قرني . وتترتب الوريقات بحيث تسمح بمرور الغذاء من فتحة الشبكية الورقية Reticulo-omasal orifice فيما بين الوريقات إلى فتحة الورقية الأنفحة Omaso-abomasal orifice . وتتركب الأوراق من ثلاث طبقات عضلية تضم طبقة مركزية تستمر على الجدار العضلي للوريقة وتغطي من الجانبين بطبقة مخاطية عضلية . منطقة الاختناق بين الورقية والأنفحة تتكون من ثنايا من الغشاء المخاطي تسمى الغشاء الحلقي النهائي Vela terminalia تشتق من الورقية في الماشية ومن الأنفحة في الأغنام .

٤ - الأنفحـــة Abomasum :

عبارة عن المعدة الحقيقية حيث تمثل أول جزء غدي في معدة الحيوان المجتر . وتقع تجاه الجانب البطني للورقية وتمتد نحو مؤخر الجانب الأيمن للكرش وتنتهي بفتحة البواب Pylorus التي تشبه الصمام والذي تدعمه ألياف العضلات الدائرية الناعمة .

طلائية الأنفحة تتغير فجأة من النسيج الطلائي الحرشفي المركب بالورقية إلى النسيج الطلائي الاسطواني البسيط القادر على إفراز مواد مخاطية وظيفتها تغطية وحماية طلائية المعدة من تأثير العصارات الهاضمة . وينقسم الغشاء المخاطي للأنفحة إلى ثلاث أقسام :

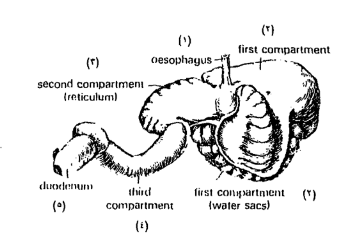
(أ) القسم الفؤادي Cardiac region وهو قسم صغير عند بداية اتصال الأنفحة بالورقية وتنتشر به الغدد الفؤادية التي تفرز مخاط .

(ب) القسم القاعي Fundic region وهو قسم يكون ثلثي طول الأنفحة وتكون فيه الطبقة المخاطية انثناءات حلزونية يبلغ عددها ١٢ انثناء . وتنتشر في هذا الجزء الغدد القاعية التي تفرز مخاط وحامض أيدروكلوريك .

(جـ) القسم البوابي Pyloric region ويضم نحو ربع طول الأنفحة وتنتشر به الغدد البوابية وافرازها مخاطي ويحتوى قليل من الأنزيمات المحللة للبروتين .

ومن الجدير بالذكر أن الجمل يعتبر حيوان مجتر ولكن معدته (شكل ٧-٥) لا توجد مجزأة إلى غرف مثل تلك الموجودة بالماشية أو الأغنام . وتتكون المعدة من ثلاثة غرف أساسية الغرفة الأولى تنقسم لحويصلتين أمامية وخلفية بواسطة دعامة عرضية وعلى

السطح البطني لكلا الحوصلتين يوجد تجويف (حوصلة مائية) يحيط به طلائية غدية مخاطية في حين أن السطح المكشوف من الغرفة تغطية طلائية حرشفية مصففة . الغرفة الثانية تحاط بطلائية حرشفية مصففة وتحتوي أيضاً حويصلات مائية ذات تجاويف تحيط بها طبقة طلائية غدية . وهي تشبه الشبكية في الماشية والأغنام . ولا يوجد جزء بمعدة الجمل يقارن بالورقية الموجودة بمعدة المجترات الأخرى . الغرفة الثالثة لمعدة الجمل عبارة عن أنبوبة كبيرة تحاط بطلائية غدية على طولها وفي الخمس الأخير منها يوجد غدد معدية وبوابية كتلك الموجودة في أنفحة المجترات الأخرى .



شكل ٧-٥ : معدة الجمل - الجانب الأيسر مع توضيح الجانب الظهري للغرفة الثالثة . (عن هيث وأوليسانيا)

(١) المرىء (٢) الحجرة الأولى (٣) الحجر الثانية (٤) الحجرة الثالثة (٥) الاثنى عشر

الأمعـاء الدقيقـة : The small intestine

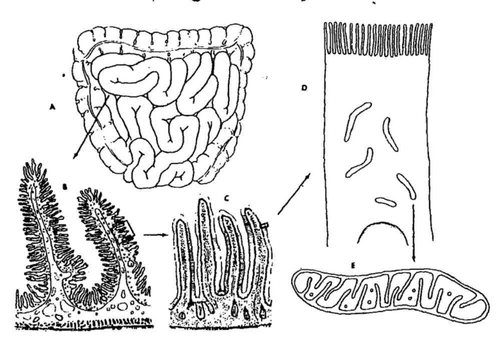
الأمعاء الدقيقة تنقسم إلى ثلاثة أجزاء هي : الاثنى عشر Duodenum ، اللفائفي Jejunum ثم المعى الأخير Ileum .

الاثنى عشر هو الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة ويتصل بجدار الجسم بواسطة الغشاء الحشوي Mesentry المسمى Mesoduodenum . القنوات الخارجة من البنكرياس والكبد تتصل بالأمعاء عند أول أجزاء الاثنى عشر . اللفائفي يمكن تميزه بوضوح عن الاثنى عشر ويبدأ تقريباً عند وضوح ظهور الغشاء الحشوي . ولا يتضح اختلاف كبير

في المظهر بين اللفائفي والمعى الأخير الذي يمثل الجزء الآخير من الأمعاء والذي يتصل بالأمعاء الغليظة عند الانقباض المعوي الأعورى القولونى Ileo - ceco - coli Junction.

ومن الصعب تحديد موقع اللفائفي والمعى الأخير ولكنهما غالباً ما يقعا تجاه الجزء اليساري البطني في غير المجترات . الجزء النهائي من المعى الأخير يتصل بالأعور في الحصان أو بالقولون في الحيوانات الأخرى وذلك عند الجزء الأخير من التجويف البطني .

الأمعاء الدقيقة تمثل المكان الرئيسي لامتصاص المواد الغذائية ولا يختلف التركيب الهستولوجي للأمعاء الدقيقة عن بقية أجزاء القناة الهضمية إلا في تركيب الغشاء المخاطي الذي يتكون من بروزات طويلة تشبه الأصابع تسمى خملات Villi طولها يتراوح بين نصف – ١ مم وقطرها ٢ مم . والحيوانات التي تتصف بسرعة عمليات الهضم والامتصاص تمتلك جهاز متطور من الخملات يوفر لها مسطح واسع للامتصاص . وكل خملة تحاط هي الأخرى بزوائد أصبعية دقيقة تسمى خملات دقيقة Microvilli تزيد من سعة سطح الامتصاص (شكل ٧-٦) . هذه الخملات تتميز بالانقباض على فترات وتتحرك حركة بندولية ويكون ذلك تحت سيطرة هرمون فليكينين Villikinin مما يساعد في امتصاص نواتج هضم الغذاء .



شكل ٧-٦ : شكل توضيحي لأمعاء دقيقة يوضح التفاف الأمعاء حول بعضها
(A) السطح الداخلي عليه بروزات أو خملات (B) وهذه الخملات على سطحها خملات دقيقة (C) يتكون سطحها الخارجي من خلايا اسطوانية عليها زوائد مثل الفرشة (D) وتحتوي عدد كثير من الميتوكوندريا النشطة (E) (عن سوينسون) .

وتقوم الأمعاء بحركات ذات اهمية كبيرة في نجاح عملية الهضم . وتقوم بهذه الحركات العضلات الطولية والدائرية الموجودة بجدار الأمعاء . وتنظم هذه الحركات بواسطة العصب الرئوي المعدي والأعصاب السمبثاوية وكذلك بواسطة هرمونات الجهاز الهضمي . وتتخذ الحركة بالأمعاء صوراً عديدة مثل الحركة الدودية Peristaltic movement التي تتم بمساعدة العضلات الدائرية وتساهم في انتقال الغذاء من مكان لآخر ، الحركة المجزأة Segmenting movement وتتم بمساعدة العضلات الدائرية التي تنقبض وتنبسط باستمرار مما يؤدي لتجزأة الطعام وخلطه والحركة البندولية Pendular movement وهي تأرجح الأمعاء للأمام والخلف أي تستطيل وتقصر باستمرار بالتناوب فتعمل على مزج الغذاء بالعصارات الهاضمة .

الأمعـــاء الغليظـــة The large intestine :

تتركب من الأعور Cecum والقولون Colon . والأعور في الحيوانات المجترة صغير ولا يتعدى طوله ٧٥ سم وقطره ١٥ سم في الماشية في حين أن طوله نحو ٢٥ سم وعرضه ٥ سم في الأغنام . ويمتد الأعور خلفياً بقرب النهاية البطنية للضلع الأخير إلى مدخل الحوض أما مقدمته فهي استمرار للقولون . وتقع منطقة اتصال الأعور بالقولون أمام مدخل المعى عند الفتحة المعوية – الأعورية – القولونية Ileo-ceco-colic orifice .

القولون يمتد للأمام فيما بين طبقتي الغشاء الحشوى الذى يثبت ويدعم الأمعاء الدقيقة حيث يأخذ شكلاً قوقعياً أو حلزونياً ويطلق على هذه المنطقة بالمنطقة القوقعية Ansa spiralis . الجزء الأول يلتف للداخل في اتجاه مركز الحلزون في حين أن الجزء الباقي يلتف للخارج بعيداً عن المركز . وبعد أن يبعد عن المنطقة القوقعية فإن القولون يمر للاتجاه الجانب الأيسر مستمراً جهة الخلف إلى المستقيم Rectum وينتهي بالشرج Anus .

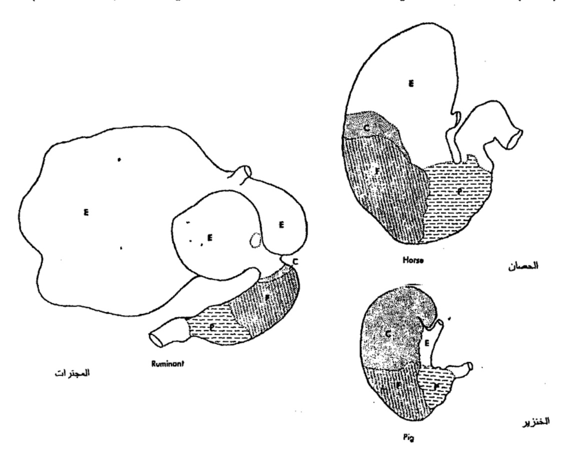
٢ – القناة الهضمية لغير المجترات Non-ruminants

أعضاء الهضم في الحيوانات غير المجترة أكثر بساطة عن المجترات والاختلاف بينهما ينحصر أساساً في المعدة والأمعاء الغليظة وهو ما سنركز عليه . وتبلغ سعة القناة الهضمية في الحصان مثلاً ٢١٢ لتر وفي الكلاب ٧ لتر (جدول ٧–١) . الوصف العام لأجزاء القناة الهضمية باستثناء المعدة والأمعاء الغليظة ينطبق عليه عموماً ما سبق ذكره في الحيوانات المجترة .

المعـــــدة : The stomach

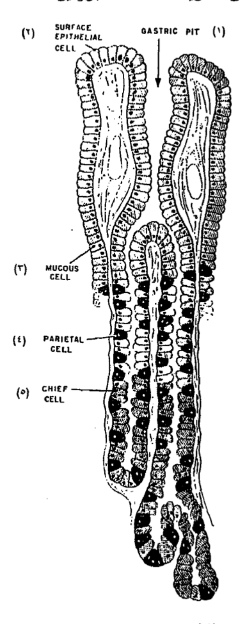
الحيوانات غير المجترة لها معدة تقع خلف الجانب الأيسر من الحجاب الحاجز وهي عبارة عن تجويف عضلي يشبه حبة المانجو . وتنقسم المعدة إلى ثلاثة مناطق (١) منطقة الفؤاد Cardia وهي عبارة عن منطقة دخول المريء وتكون نسبياً كبيرة في الخنازير وصغيرة في الخيول . (٢) منطقة القاع Fundus وهي عبارة عن جسم المعدة (٢) منطقة البواب Pylorus وهي الجزء النهائي للمعدة .

المنطقة المريئية Esophageal region من معدة الحيوانات المجترة تماثل المنطقة الأولى من المعدة Forestomach في المجترات . ويغطي هذه المنطقة نسيج طلائي طباقي حرشفي خالي من الغدد بعكس باقي المعدة الذي له القدرة على إفراز عصارات معدية . ويختلف حجم هذه المنطقة في أنواع الحيوانات المختلفة فهي تكون كبيرة في الخيل (٣٠٪) وتكون صغيرة في الخنازير وتكاد تغيب أو لا توجد في الكلاب (شكل ٧-٧) .



شكل ٧-٧ : مناطق المعدة في الخيل والخنازير والمجترات : E - المنطقة المريئية C - المنطقة الفؤادية ، F - المنطقة القاعية ، P - المنطقة البوابية . (عن فراندسون)

يمكن تميز ثلاثة أنواع من الغدد بداخل المعدة وهي : ١ - الغدد الفؤادية Cradiac gland وهي تشغل المنطقة الفؤادية من المعدة وإفرازها مخاطي خالي من الأنزيمات ، ٢ - الغدد القاعية Fundic gland وهي الغدد الأساسية بالمعدة التي تفرز العصير المعدي وهي غدد أنبوبية تفتح قنواتها عند قاع الخملات (شكل ٧-٨) . وتحتوي هذه الغدد على ثلاثة أنواع من الخلايا : (أ) خلايا رئيسية Chief cells تفرز الأنزيمات المعدية ، (ب) خلايا جدارية Parital cells تفرز حمض الأيدروكلوريك ، (جـ) خلايا العنق Mucous cells وتفرز مخاط يختلط بالأنزيمات والحامض قبل إفرازهما بتجويف المعدة . ٣ - الغدد البوابية Pyloric glands وتوجد بالمنطقة البوابية من المعدة ويحتوي إفرازها على مخاط يحتوي على كمية بسيطة من الأنزيمات المحللة للبروتين .



شكل ٧-٨ : الغدد المعدية في منطقة القاع بالمعدة (عن فرانسون)

(١) الحفره المعديه (٢) خليه طلائيه سطحيه (٣) خلية مخاطية

(٤) خليه جدارية (٥) خليه رئيسيه

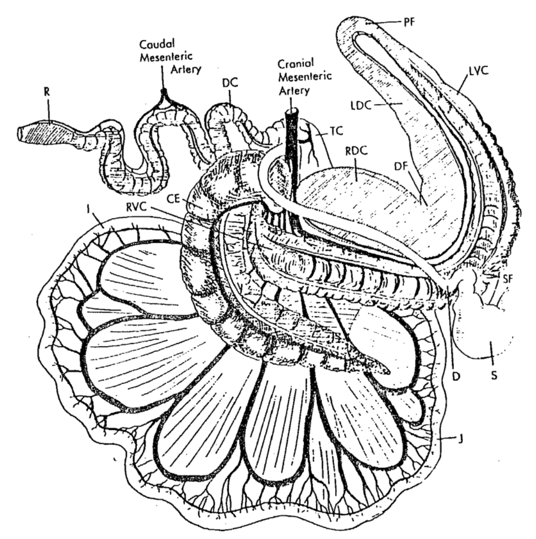
الأمعاء الغليظة The large intestine :

تتكون الأمعاء الغليظة من الأعور وهو عبارة عن كيس ذو فتحة واحدة ومن القولون الذي ينتهي بالمستقيم وفتحة الشرج . وهناك اختلافات واضحة في طول وحجم الأمعاء الغليظة بين الحيوانات المختلفة أكثر عما في الأمعاء الدقيقة (جدول ٧-١) .

الخيل تحتوي على أكبر وأعقد أمعاء غليظة مقارنة بالحيوانات الزراعية الأخرى . ويبلغ طول الأعور نحو ١ر٥ متر وقطره ٢٥ سم وهو يأخذ شكل حرف واو معكوسة ويمتد من الخلف قرب مدخل الحوض على الجانب الأيمن إلى أرضية التجويف البطني ثم نحو الأمام حتى يصل خلف الحجاب الحاجز مباشرة حيث تقع قمته فوق مؤخر عظمة القص الصدري Sternum . وتدخل نهاية المعى الأخير Ileum في الجانب المقعر من الأعور قرب قاعدته بصمام يسمى الصمام المعوي الأعوري Ileocecal valve الذي يعد الحد الفاصل بين بداية القولون ونهاية الأعور (شكل ٧-٩) .

الجزء الأول من القولون المسمى بالقولون الكبير Large colon الذي يبلغ طوله ٣-٣ر٥ متر وقطره ٢٥ سم يتقدم للأمام على امتداد الجدار البطني Right ventricle colon إلى أن يصل للجزء القصى من الحجاب الحاجز حيث ينحني نحو اليسار انحناءاً كبيراً مكوناً الالتفاف القصى ثم يتقدم للخلف على امتداد الجدار البطني اليساري إلى أن يصل مدخل الحوض . الجزء الثاني المسمى بالقولون الصغير Small colon أو النازل Descending فيبلغ طوله ٣ متر وقطره ٧ر٥ سم . فيتكون من عدد من الخيات ترتبط ببعضها بالغشاء البريتوني وهو يقع قريباً من منتصف الجانب الخلفي للتجويف البطني وينتهي بالمستقيم قرب مدخل الحوض . ويخترق المستقيم مدخل الحوض متجهاً نحو أسفل الجدار الظهري فوق الجهاز التناسلي وينتهي بالشرج Anus الذي هو عبارة عن التحام نهاية القناة الهضمية بالجلد . ويكون عبارة عن صمام مدعم بعضلات حلقية من ألياف ناعمة مخططة ويكون مغلق دائماً ما عدا وقت التبرز .

وتتحرك الأمعاء الغليظة حركة دودية ودودية عكسية ضعيفة تساعد على امتصاص الماء . وتعتبر الحركة الدودية الكاملة التي تشمل كل الأمعاء الغليظة من أهم حركات الأمعاء وهي تحدث على فترات أثناء اليوم نتيجة للفعل المنعكس القولوني الذي يحدث نتيجة لوجود الغذاء بالمعدة . حيث يؤدي هذا الفعل إلى انتقال محتويات الأمعاء إلى القولون ثم المستقيم حيث يتم إخراجها بواسطة عملية التبرز Defecation .



شكل ٧-٩ : القناة الهضمية للخيل : S - المعدة ، D - الاثنى عشر ، J - اللفائي ، I - المعي الأخير ، CE - الأعور ، RVC - القولون البطني الأيمن ، SF - الالتواء القص LVC - القولون البطنى الأيسر PF - الالتواء الحوضى ، LDC - القولون الظهري الأيسر ، DF - الالتواء الحجابي ، RDC - القولون الظهري الايمن ، TC - القولون المستعرض ، DC - القولون النازل (الصغير) ، R - المستقيم . (عن بانرجي)

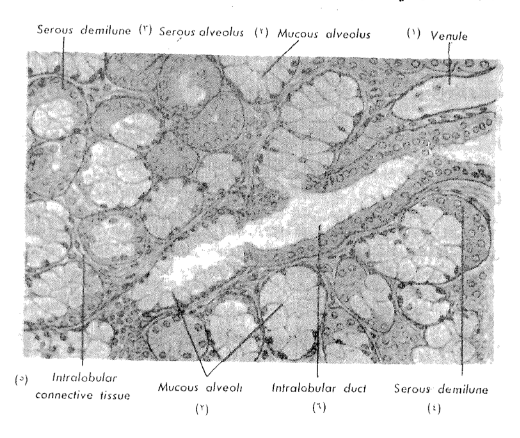
(ب) ملحقات القناة الهضمية Accessory Digestive organs :

(أ) الغدد اللعابيـــة The Salivary glands :

الغدد اللعابية الرئيسية عبارة عن ثلاثة أزواج من الغدد هي : الغدة النكفية Parotid والغدة تحت الفك Mandipular or submaxillary والغدة تحت اللسان Sublingual gland . وتقع الغدة النكفية أمام الأذن وتتصل قنواتها بفراغ الفم على الجانبين عند ضروس الفك

العلوي وإفرازها غالباً مصلي Serous وقد يحتوي على أنزيم التيالين Ptylin في بعض الكائنات مثل الإنسان . الغدة تحت الفك تقع على جانبي الفك السفلي وتفتح قنواتها على جانبي قاعدة اللسان وغالباً ما يكون إفرازها مصلي كما في القوارض أو مختلط (مصلي + مخاطي) كما في الإنسان والأبقار والأغنام . الغدة تحت اللسان وتقع في قاع الفم وتصب إفرازاتها عن طريق قنوات متعددة تفتح أسفل اللسان في قاع الفم . وهي تكون مخاطية Mucous كما في القوارض أو مختلطة كما في الفصيلة الخيلية والبقرية (شكل ٧-١٠) .

إفراز اللعاب عملية مستمرة ولكن معدل الإفراز يتغير حسب ظروف الغذاء . ويتحكم في إفراز اللعاب فعلين : ١ - الفعل المنعكس الشرطي الناجم عن التفكير في الطعام أو شمه أو رؤيته وهذا يحتاج إلى التعود عليه حتى يتم . و ٢ - الفعل المنعكس المتولد نتيجة تنبيه الغشاء المخاطي المبطن للفم إما بالطعام أو الاجترار أو وجود الغذاء الخشن بالمعدة أو أي مؤثر آخر .



شكل ٧-١٠ : قطاع يوضح تركيب الغدة تحت اللسان في الإنسان (عن كوينهافر وآخرون)

(١) وريدصغير (٢) حويصلة مخاطية (٣) حويصلة مصلية (٤) خلايا هلالية مصلية (٥) نسيج ضام بين فصى (٦) قناة بين فصيه

مقدار إفراز اللعاب يتراوح يومياً بين ١٠٠-٢٠٠ لتر في المجترات ويقل عن ذلك في الحيوانات الصغيرة حيث يفرز الحصان نحو ٥٠ لتر ، ويفرز الإنسان نحو ١-٥ر١ لتر . ولقد وجد أن كمية اللعاب المفرزة تختلف حسب نسبة الرطوبة بالغذاء . حيث أن الغذاء الجاف يشجع إفراز اللعاب بعكس الأغذية الخضراء (جدول ٧-٤) .

جدول ٧-٤ : متوسط إفراز اللعاب من الأبقار المغذاه على علائق مختلفة

نوع الغذاء	كمية المادة الجافة المستهلكة يومياً (كجم)	معدل إفراز اللعاب (لتر / يومياً)				كمية الماء الكلية المستهلكة يومياً لتر / يوم (طعام + شراب + تمثيل)
		(أ)	(ب)	(جـ)	(د)	
حشائش	٥ر٥	١٨٩	١٩٠	١٥٦	-	٢١٥
٤ر٦ كجم دريس	٥ر٥	١٤٦	١٧٣	١٤٠	١٣٧	١٧٠
٦ر٣ كجم دريس + ٥ر٥ كجم مكعبات	٧ر٧	١٣٠	-	١١٥	-	١٤٨
٢ر١٨ كجم سيلاج برسيم	٧ر٧	-	١٢١	-	٩٨	١٤٨
٩ر كجم دريس + ٥ر٥ كجم ذرة بكيزانها + ٩ كجم كسب فول سوداني	٤ر٦	١١١	-	-	١٠٥	١٢٤

الغدة النكفية Parotid gland في معظم الثدييات عبارة عن غدة مصلية حيث تفرز إفراز مائي رقيق يحتوي أنزيمات (بخلاف المجترات) ، ماء وأيونات معدنية ويحتوي إفرازها مخاط Mucin (جدول ٧-٥) . لعاب الغدد تحت الفك وتحت اللسان يختلف عن لعاب الغدة النكفية في أنه عبارة عن مخاط يتكون من المواد الجليكوبروتينية . ويميل لعاب المجترات للقلوية (pH = 8) .

ويقوم اللعاب بوظائف حيوية هامة حيث يوفر الوسط المائي للبلعة أثناء المضغ فيسهل ابتلاعها وكذلك إرجاعها مرة أخرى عند الاجترار ثم مرورها من أجزاء المعدة المختلفة . والتفاعل القلوي والفعل التنظيمي للعاب لما يحتويه من بيكربونات وفوسفات لهم دور هام في النشاط الحيوي أو الهضم البكتيري بالكرش . كما أن وجود انزيم التايلين في لعاب بعض الحيوانات يساعد في هضم الكربوئدرات حيث يحول النشا إلى مالتوز .

جدول ٧-٥ : متوسط تركيب إفراز الغدة اللعابية النكفية

المكـــون	التركـــيز	المكـــون	التركيـــز
مـــادة جافـــة	٢٨ر١ جم / ١٠٠ مل	مغنســـيوم	٦ر٠ مللي مكافيء / لتر
رمـــــاد	٩٧ر٠ جم / ١٠٠ مل	فوسفور غير عضوي	٥٢ مللي مكافيء / لتر
نيتروجـــين	٢٠ مجم / ١٠٠ مل	كلوريـــد	١٧ مللي مكافيء / لتر
صـــوديوم	١٧٧ مللي مكافيء / لتر	ثاني أكسيد كربون	١٠٤ مللي مكافيء / لتر
بوتاسـيوم	٨ مللي مكافيء / لتر	رقم الحمـوضة والقلوية (pH)	١ر٨
كالســـيوم	٤ر٠ مللي مكافيء / لتر		

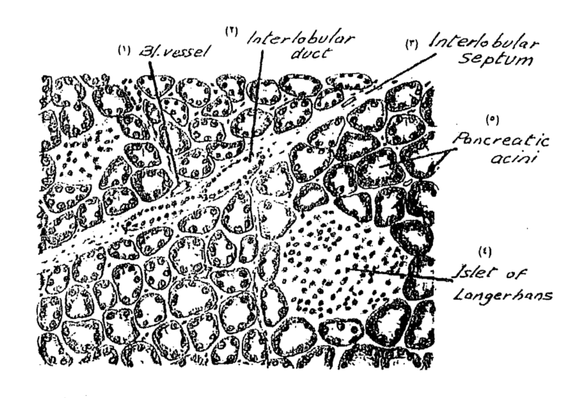
٢ - البنكريـــاس Pancreas :

يعتبر البنكرياس ثاني الأعضاء الهامة الملحقة بالقناة الهضمية . وهو عبارة عن عضو رقيق متكتل Lumpy ذو شكل متطاول وتقع قمته على امتداد الاثنى عشر . وتفتح قناته الرئيسية في مقدم الاثنى عشر قريباً من القناة الصفراوية الآتية من الكبد . ويبلغ وزن البنكرياس نحو ٣٥٠ - ٥٠٠ جرام في الثور ونحو ٥٠ - ٧٠ جم في الأغنام والماعز . وهو يعتبر غدة أنبوبية بصيلية معقدة ثنائية الغرض فإفرازاته الخارجية وهي العصير البنكرياسي عبارة عن عصارة هاضمة وتمثل الجزء الأكبر من إفرازات البنكرياس وتفرز من الغدد الأنبوبية . الإفراز الداخلي للبنكرياس يفرز من أنسجة خاصة تسمى جزر لنجرهانز Islets of langerhans وتمثل نسبة بسيطة (١٪) من وزن البنكرياس وتمر إفرازاتها من خلال الدم (شكل ٧-١١) .

الجزء الخارجي الإفراز من البنكرياس عبارة عن غدد أنبوبية حويصلية . والحويصلات أو العيون الإفرازية Acini تتكون من خلايا تحتوي على حبيبات الأنزيمات الهاضمة (حبيبات الزيموجين Zymogen granules) . وترتبط العيون الإفرازية بقنوات إفرازية تنضم لبعضها لتصب في النهاية في الاثنى عشر . أما جزر لنجرهانز فتحتوي على أربع أنواع من الخلايا : خلايا الفا وتفرز الجلوكاجون وخلايا بيتا B وتفرز هرمون الأنسيولين وخلايا دي D وتفرز السوماتوستاتين وخلايا إف F وتفرز مركب عديد الببتيد البنكرياس (شكل ١٠-١٨) .

عصارة البنكرياس أكثر قلوية من عصارة الأمعاء حيث تبلغ درجة الحموصة نحو

٧ – ٥ر٧ . وهذا راجع لمحتواها من البيكربونات . كما أن العصارة البنكرياسية تحتوي على عدد من الأنزيمات مثل التربسين والأميليز والليباز (جدول ٧-٦) . ويعتمد مقدار العصارة المفرز يومياً على نوع الغذاء ولكن يبلغ متوسط الإفراز اليومي نحو ٦-٧ لتر في الحصان والثور ونحو ٧٥٠ مل في الإنسان .



شكل ٧-١١ : قطاع يوضح تركيب البنكرياس ويظهر فيه العيون الإفرازيه لعصارة البنكرياس وجزر لنجرهانز ذات الإفراز الداخلي . (عن عبد القادر)

(١) حاجز بين فصى (٢) قناة بين الفصوص (٣) وعاء دموى (٤) جزر لنجرهانز (٥) حويصلات بنكرياسية

الإفراز الأولي للعصارة البنكرياسية يتم تحت تأثير عصبي انعكاسي ناجم عن تأثير وجود الغذاء على العصب التائه . واستمرار الإفراز بعد ذلك يتم أساسا تحت تأثير هرمونين هما السكرتين Secretin والبنكريوزامين Pancreozymin . ويتحرر هرمون

جدول ٧-٦ : تركيب العصــارة البنكرياسية

المكــون	المحتـــوى
١ - المركبات غير العضوية ١ ٪	ص$^{+}$ ، كل$^{-}$ بو$^{+}$ ، كب أ$_{4}^{2-}$ كا$^{2+}$ ، يد فو أ$_{4}^{2-}$ مغ$^{2+}$ ، يد ك أ$_{3}^{-}$ (٥ر - ٧ر ٪)
٢ - المركبات العضوية ١-٢٪	تربسينوجين - ليباز - البيومين ٪كيموتر بسينوجين - أميلاز - جلوبيولين كربوكس ببتيداز - مالتاز - استيراز لاكتـــاز

السكرتين من مخاطية الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة استجابة للأحماض والدهون ونواتج هضم البروتينات . والسكرتين ينبه أيضاً إفراز الصفراء من الكبد . أما هرمون البنكريوزامين فهو يفرز أيضاً من مخاطية الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة وربما أيضاً من نهاية الجزء البوابي للمعدة وذلك استجابة لوجود نواتج هضم البروتينات والدهون .

وتقوم العصارة البنكرياسية بعدة وظائف أهمها :

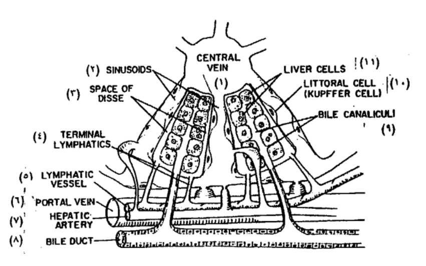
١ - تساعد قلوية عصير البنكرياس في معادلة حموضة الكتلة الغذائية Chyme القادمة من المعدة للاثنى عشر .
٢ - أنزيم التربسين Trypsin يعمل على تحليل البروتين المأكول إلى عديدات ببتيد وأحماض أمينية ويعمل الأنزيم مثالياً عند رقم حموضة وقلوية ٨-٩ .
٣ - أنزيم الكيموتريسين Chymotrypsin يعمل على تخثر اللبن .
٤ - أنزيم الألفا اميليز Amylase - يقوم بتحويل كل صور النشا إلى مالتوز .
٥ - أنزيم الليباز Lipase يقوم بتحويل الجلسريدات الثلاثية المتعادلة إلى جلسريدات ثنائية وأحادية وأحماض دهنية حرة .

٣ - الكبـــــد The liver :

الكبد يعتبر من أكبر غدد الجسم خارجية الإفراز حيث يزن نحو كيلوجرام في الإنسان ونحو ½ - ١ كجم في الأغنام . وهو يقوم بدور هام في عملية تمثيل المواد الغذائية . وشكله الخارجي مفصص حيث يتكون من فصين في الأغنام والماشية ومن ثلاثة فصوص في الخيل ومن ٤ فصوص كما في القطط والكلاب . ويقع خلف الحجاب الحاجز مباشرة ويميل لأن يوجد في الجانب الأيمن للحيوان خاصة في المجترات .

فصوص الكبد الكبيرة تتكون من فصيصات صغيرة جداً (شكل ٧-١٢) كل منها يتكون من عدد من الخلايا كثيرة السطوح تترتب في شكل صفوف تتجمع حول الأوعية الدموية والشعيرات الصفراوية . وفي أثناء مرور الدم في الأوعية الدموية ترشح البلازما وتسري في المسافات أو التجاويف الموجودة بين خلايا الكبد Sinusoid ويتسرب بعضها لداخل الخلايا الكبدية . وتحاط التجاويف الدموية بخلايا التهامية تسمى بخلايا كيفر Kupffer's cells تمثل أهم أجزاء الجهاز البطاني الشبكي Reticulo-endothelial system الذي ينقي الدم من المواد الغريبة . وعند تلاقي الأسطح الخارجية للفصيصات يوجد نسيج ضام يجمع الفصيصات لبعضها وتمر خلاله فروع القنوات المرارية Bile duct وفروع الشرايين الكبدية Hepatic artery والأوردة البابية Protal vein . وفيما بين الفصوص المتجاورة توجد قنوات مرارية تتجمع مع بعضها مكونة قناة عامة تحمل العصارة الصفراوية Bile من الكبد للاثنى عشر مباشرة أو إلى الحوصلة الصفراوية Gallbladder حيث تخزن عصارة الكبد . وجميع الحيوانات المستأنسة باستثناء الحصان والغزال والجرذان يحتوي كبدها على حوصلة صفراوية . ومن الحوصلة الصفراوية تخرج قناة صفراوية عامة تصب في أول أجزاء الاثنى عشر . ويدخل الدم الكبد عن طريق الوريد البابي Portal vein الذي يحمل الدم من الأمعاء محملاً بالمواد الغذائية الممتصة كما يستقبل الكبد تمويلاً دموياً آخر هو الشريان الكبدي Hepatic artery حيث يمد الكبد بالمواد الغذائية والأكسجين . ويخرج الدم من الكبد عن طريق الوريد الكبدي Hepatic vein الذي يصب في الوريد الأجوف السفلي .

الكبد متعدد الوظائف حيث يقوم بإفراز الصفراء ، كما أنه يعتبر مخزناً للجليكوجين ومركزاً لإنتاج البلازما وتخليق البروتينات ، ويقوم الكبد بإزالة سمية النواتج الإخراجية للمواد البروتينية وتحطيم كرات الدم الحمراء الهرمة ، كما ويعتبر مركزاً لتمثيل المواد الدهنية والبروتينية والكربوئدرات والعديد من المركبات الأخرى .



شكل ٧-١٢ : تركيب فصيص الكبد موضحاً خلايا الكبد والأوعية الدموية والليمفاوية والقنوات الصفراوية . (عن سوينسون)

(١) وريد مركزى (٢) تجاويف (٣) مساحة ديزى (٤) نهايات لمفاوية (٥) اوعية لمفاوية (٦) وريد بابى (٧) شريان كبدى (٨) قناة صفراوية (٩) قنيات صفراوية (١٠) خلايا كيفر (١١) خلايا كبدية

ولا تحتوي العصارة الصفراوية أنزيمات ولكن تتكون من الماء وأملاح الصفراء والأصباغ الصفراوية (جدول ٧-٧) . أملاح الصفراء عبارة عن توروكولات الصوديوم Sodium tourocholates وجليكولات الصوديوم Sodium glycolates . وهي ضرورية لإتمام امتصاص الدهون التي تقاوم الهضم بسبب ميلها للبقاء على هيئة حبيبات كبيرة بطيئة التحلل المائي بالأنزيمات . وتقوم أملاح الصفراء باستحلاب الدهون وذلك بتقليل التوتر السطحي للدهون وبالتالي تتكسر لجزيئات صغيرة بمساعدة الحركة الدودية للأمعاء . ويزيد هذا التكسير المبدئي أو الاستحلاب من مساحة السطح المعرض لعمل أنزيم الليباز مما يعطيه الفرصة لتحليل الدهون كما أنها تشجع أنزيم الليباز بتوفير الوسط القلوي المناسب لفعله . وتأخذ العصارة الصفراوية لونها الأصفر الذهبي نتيجة لوجود صبغات الصفراء التي تعتبر نواتج تكسير الهيموجلوبين من الخلايا الدموية الحمراء الهرمة وهي أيضاً تعطي للبراز لونه الخاص . وأهم هذه الصبغات البليروبين Bilirubin والبليفردين Biliverdin .

وتفرز الصفراء في القناة الصفراوية من خلايا الكبد وتصب في الاثنى عشر . ويبلغ مقدار الإفراز نحو ٢٥ جم/كجم وزن حي للأغنام والماعز ، ٣٥ جم/كجم وزن حي أرانب ونحو ٢٠ جم/كجم في الكلاب . ويزيد معدل الإفراز تحت ظروف التغذية ويقل عند الصيام . ويلعب هرمون السكرتين وأملاح الصفراء الممتصة من الأمعاء دوراً هاماً

في زيادة معدل الإفراز . وفي الحيوانات التي بها حوصلة صفراوية فإن وجود الأحماض الدهنية بالاثنى عشر وكذلك هرمون الكولي سيستوكينين Cholecystokinin يلعب دوراً هاماً في تقلص الحوصلة وانطلاق العصارة الصفراوية منها .

جدول ٧-٧ : تركيب العصارة الصفراوية للإنسان (٪)

المكـــون	العصـــارة	
	عصـارة الكبـد	عصارة الحوصلة الصفراوية
المــــاء	٩٨	٨٩
المـادة الصلبـة	٢ - ٤	١١
الامــلاح الصفراوية	٢ر - ٢	٦
الاصبـاغ الصفراوية	٠٢ر - ٠٧ر	٥ر ٢
كوليســترول	١ر - ٣ر	٤ر
فسفولبيدات (ليسيسين)	٢ر - ٨ر	-
أملاح غير عضوية	١	٨ر
رقم الحموضة والقلوية (pH)	٨ - ٦ر٨	٧ - ٦ر٧

عمليـــات الهضـــم

Digestive Processes

الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي هي هضم الطعام Digestion وتشمل جميع التغيرات الحادثة للطعام بداخل القناة الهضمية لإعداده لامتصاص ولاستعماله داخل جسم الحيوان . ونظراً لأن الهضم يحدث بداخل القناة الهضمية ، فإنه يمكن اعتباره عملية منفصلة عن تمثيل الأنسجة بواسطة عملية الامتصاص Absorption . والامتصاص يحدث بواسطة جدار القناة الهضمية . وتحمل المواد الممتصة بواسطة دورة الدم البابي والجهاز الليمفاوي لمختلف أجزاء الجسم لاستعمالها في تمثيل الأنسجة . وعليه فإن الهضم يتبعه الامتصاص ثم التمثيل .

ويمكن تقسيم العمليات التي يتم بها هضم المواد الغذائية إلى ثلاثة أقسام :

١ - ميكانيكية Mechanical مثل مضغ الطعام وحركته خلال المعدة والأمعاء .

٢ - إفرازية Secretory مثل إفراز اللعاب من الغدد اللعابية بالفم والعصارة المعدية بالمعدة .
٣ - كيماوية Chemical مثل إفراز حامض الأيدروكلوريك بالمعدة أو أنزيمات الهضم والنشاط الكيماوي للكائنات الحية الدقيقة بالكرش أو الأعور .

١ - هضم وامتصاص الكربوئدرات Digestion and Absorption of carbohydrates :

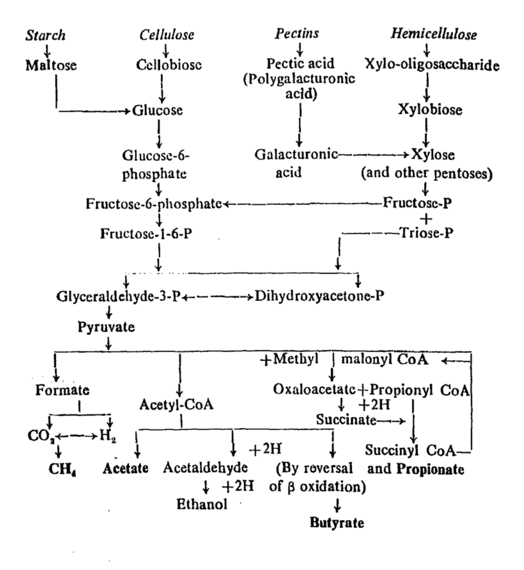
(أ) في المجـترات Ruminants

غذاء المجترات غالباً ما يتكون محتواه الكربوئدراتي من السليلوز ، الهيمسليولوز والكربوئدرات الأخرى التي لا تهاجم بواسطة أنزيمات الهضم المفرزةبالمجترات. وتكون نسبة هذه المكونات في نبات المراعي وعلى أساس الوزن الجاف نحو ٢٠-٣٠٪ سليلوز ، ١٢-١٧ هيميسليولوز ، ١٠٪ بكتين . وتشكل البروتينات نحو ١-٣٠٪ من الوزن الجاف لنباتات المراعي .

والحيوانات المجترة يمكنها هضم نحو ٧٠٪ من السليلوز ، والخيل تهضم ٢٠٪ في حين أن الإنسان يهضم نحو ١٪فقط. وزيادة نسبة اللجنين في المادة المالئة تعوق الاستفادة من السليلوز . ففي النباتات الغضة التي تحتوي نحو ٥٪ لجنين يمكن الاستفادة بنحو ٨٠٪ من السليلوز وتنخفض هذه النسبة إلى ٥٠٪ عند ارتفاع نسبة اللجنين إلى ١٢٪ كما في النباتات الكبيرة . وفي الأغنام يتم هضم نحو ٧٠٪ من السليلوز القابل للهضم في الكرش ، ١٧٪ في الأعور و ١٣٪ من القولون ولا يحدث هضم للسليلوز بالأنفحة .

وعندما تصل الكربوئدرات للكرش تخضع للهدم بواسطة الأنزيمات المفرزة من الأحياء الدقيقة التي تعيش بالكرش . النواتج الهامة لهذه العملية هي السكريات الأحادية والتي تتحول بعد تكونها مباشرة إلى مخلوط من الأحماض الدهنية الطيارة يضم حمض الخليك Acetic ، البروبيونيك Propionic والبيوتريك Butyric إلى جانب بعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان . والأكثر من ذلك فلقد اتضح أن النشا والسكريات الذائبة الداخلة للكرش تهدم أيضاً بنفس الطريقة (شكل ٧-١٣) .

وتلعب البروتوزوا والبكتريا الدور الأساسي لعملية التخمر الحادثة بالقناة الهضمية وهي غالباً ما تكون لا هوائية إجبارياً رغم احتمال وجود عدد قليل لا هوائي اختيارياً . محتويات كرش الحيوان الناضج تحت ظروف التغذية العادية تبلغ نحو ١٠ ^١١ بكتريا/مل ونحو ١٠ ^٦ بروتوزوا/مل . أنواع البكتريا والبروتوزوا الموجودة بالكرش والمادة التي



شكل ٧-١٣ : تخطيط لمسارات عملية التخمر الحادية بالكرش . حيث يكون ناتج تخمر النشا ، السليلوز ، الهيميسليلوز والبكتين هو الأحماض الدهنية الطيارة والإيثانول والميثان . (عن بانرجي) .

تعمل عليها وناتج فعلها موضح بالجدول رقم ٧-٨ .

وعند التغذية على الأغذية العادية فإن الناتج السائد هو حمض الخليك (٧٠٪) ويليه البروبيونيك (٢٠٪) ثم البيوتريك (١٠٪) . وعند تغيير مكونات الغذاء إلى غذاء يتصف بالآتي : (أ) ارتفاع المراكزات ، (ب) المواد المالئة مطحونة ، (جـ) نقص نسبة الألياف ، (د) أغذية خضراء فقيرة في الألياف وغنية بالكربوئدرات الذائبة ،

جدول ٧-٨ : أنواع البكتريا والبروتوزوا المرتبطة بتحليل المواد الكربوئدراتية الموجودة بالنباتات

الكائن الحي	مادة التفاعل	نواتج الفعل
(أ) البكتريا		
Bacteroides succinogenes	السليلوز ، السليوبيوز ، الجلوكوز ، ك أ٢	السكسينات ، الخلات ، الفورمات
Ruminococcus	السليلوز ، السليوبيوز ، الزيلان ، ك أ٢	السكسينات ، الاكتات ، الخلات ، كحول الإيثان ، يد٢
Butyrivibrio	١٠-١٢ نوع من الكربوئدرات تختلف حسب السلالة وتشمل الزيلان	البيوترات ، الاكتات ، الإيثانول ، الفورمات ، ك أ٢ وفي بعض الأحيان الخلات والبروبيونات
Eubacterium	الجلوكوز ، السليوبيوز ٤ - ٦ نوع من السكريات الأخرى .	الفورمات ، الاكتات ، الخلات ، البيوترات ، ك أ٢ ، يد٢ .
(ب) البروتوزوا :		
١ - مهدبة Holotrichs		
Isotricha	عدد من السكريات والبكتريا	نشا مخزن ، يد٢ ، ك أ٢ ، لاكتيك ، خليك ، بيوتريك .
Dasytricha	عدد من السكريات والسليوبيوز	
٢ - قليلة الأهداب Oligotrichs		
Entodinia	النشا ، البكتريا ، البروتوزوا	نشا مخزن ، يد٢ ، ك أ٢ ، لاكتيك ، خليك وحمض بيورتيك .
Diplodinia	النشا ، البكتريا ، السليلوز والهيمسليلوز .	

(هـ) مكعبات المواد المركزة ، (و) المركزات المعاملة بالحرارة (غنية بالنشا) فإن هذا النوع من التغذية يؤدي لزيادة نسبة حمض البروبيونيك للخليك وهذه الظروف تشجع تسمين الحيوانات وتخفض إنتاج دهن اللبن . حمض البروبيونيك بعد أن يصل للكبد قد يتأكسد أو يتحول لجلوكوز (المجترات لا تستطيع استخدام الجلوكوز مباشرة في تخليق الأحماض الدهنية الذي يتم غالباً من حمض الخليك) . أكسدة حمض الخليك بالكبد تتم بمعدل قليل ولذلك فإن الجسم يستخدم حمض الخليك لتكوين اللبن أو لأغراض أخرى .

حمض البيوتريك غالباً ما يتحول لأجسام كيتونية في طلائية الكرش . أي كمية من حمض البيوتريك تصل للكبد فإنها أيضاً تمثل للأجسام كيتونية أو تتأكسد في دورة الحمض ثلاثي الكربوكسيل بعد تحولها إلى أستيل كوانزيم أ .

معدل إنتاج الغازات بالكرش يكون سريع بعد تناول الطعام مباشرة وقد يزيد عن ٣٠ لتر/ساعة في الأبقار . وتتكون غازات الكرش أساساً من ثاني أكسيد الكربون ، الميثان وأحياناً الأزوت بدرجة محدودة كما قد يوجد الأكسجين وكبريتيد الأيدروجين والأيدروجين بدرجة غير ملموسة . ثاني أكسيد الكربون يتكون جزئياً كناتج ثانوي لعملية التخمر وجزئياً عن طريق تفاعل الأحماض العضوية مع البيكربونات الموجودة باللعاب . ولقد وجد أن نسبة ثاني أكسيد الكربون تصل إلى ٦٥٪ من جملة الغازات بعد ٤ ساعات من التغذية ثم تنخفض إلى ٢٠٪ بعد ٢٤ ساعة من تناول الغذاء . أما غاز الميثان فإن نسبته تكون ٢٥٪ بعد التغذية مباشرة ثم تزيد لنحو ٤٥٪ من جملة غازات الكرش بعد ٢٤ ساعة من التغذية . وهو يتكون من ثاني أكسيد الكربون والأيدروجين وربما يدخل حمض الفورميك في هذه العملية .

$$HCOOH \longrightarrow CO_2 + H_2$$
$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2\,H_2O$$

الأحماض الدهنية الطيارة تمتص في دورة الدم البابية غالباً خلال جدار الكرش ، ولكن بعضها ربما يمر خلال الشبكية والورقية وحتى في الأنفحة . وكذلك فإن كمية بسيطة من حمض الاكتيك قد تمتص من الأجزاء الداخلية للقناة الهضمية . وتشير الدلائل على أن كميات بسيطة جداً من الجلوكوز تمتص بحالتها عندما تكون العليقة غنية بالنشا أو الكربوئدرات الأخرى . معظم كمية الغازات الناتجة تفقد بواسطة عملية التجشؤ Eructation . وإذا تجمع الغاز بالكرش فإنه يؤدي لحالة النفاخ Bloat والتي فيها يتمدد الكرش لدرجة قد تؤدي لإعاقة حركة الحجاب الحاجز والضغط على القلب وإعاقة التنفس مما يؤدي لنفوق الحيوان ما لم يسعف .

(ب) في غير المجترات Non-ruminants :

عندما يمضغ الطعام فإنه يمتزج باللعاب الذي يحتوي أنزيم التيالين Ptyalin (لا يوجد في لعاب القط والكلب ، الحصان وجميع المجترات) المفرز أساساً من الغدة النكفية . وهذا الأنزيم عبارة عن اميليز يحلل المواد عديدة التسكر مثل النشا والجليكوجين ومشتقاتهم ويحولها لسكر ثنائي هو المالتوز . ونظراً لأن الوقت الذي يمكث فيه الغذاء

بالفم قصير فإن ٣-٥٪ من كمية النشا هي التي تتحلل لمالتوز قبل بلع الطعام . غير أن تأثير هذا الأنزيم يستمر لفترة أطول بعد وصول الطعام للمعدة حتى تختلط الكتلة الغذائية بإفرازات المعدة . بعد ذلك يقف نشاط أنزيم اميليز اللعاب بتأثير حموضة إفرازات المعدة (حيث أن الـ pH الملائم له ٦ر٦) . ومع ذلك فقبل المزج الكامل للطعام بإفرازات المعدة يتحول ٣٠-٤٠٪ من النشا إلى مالتوز .

هضم المالتوز بالأمعاء الدقيقة يتم أساساً بتأثير إفرازات البنكرياس التي تحتوي كمية كبيرة من الألفا اميليز الذي يحلل النشا إلى مالتوز وايسومالتوز . كذلك فإن كمية بسيطة من الأميليز تفرز في العصير المعوي . وعليه فبعد تفريغ الكتلة الغذائية Chyme من المعدة في الاثنى عشر تختلط بالعصارة البنكرياسية وبذلك فإن النشا الذي لم يتحلل يهضم بالاميليز قبل أن يترك اللفائفي .

الخلايا الطلائية للأمعاء الدقيقة تحتوي ٤ أنزيمات هي الاكتيز Lactase ، السكريز Sucrase ، المالتيز Maltase والأيسومالتيز Isomaltase والتي تستطيع تكسير السكريات الثنائية التالية - الاكتوز والسكروز والمالتوز والأيسومالتوز على الترتيب وذلك إلى مكوناتها من السكريات الأحادية . وبذلك يتحلل الاكتوز إلى جليكوز وجلاكتوز ، السكروز يتحلل إلى جلوكوز وفريكتوز . ويعتقد بأن الأنزيمات توجد على حواف الخلايا المحيطة بتجويف الأمعاء مما يعمل على هضم هذه السكريات عندما تصل لحواف الخلايا . نواتج الهضم هي السكريات الأحادية تمتص مباشرة وتنتقل للدم البابي . وعليه فنواتج هضم الكربوئدرات بالحيوانات غير المجترة هي السكريات الأحادية .

السكريات السداسية تمتص بمعدلات مختلفة وإذا أخذ معدل امتصاص الجلوكوز بالفأر بأنه يساوي ١٠٠ ، فإن معدل امتصاص السكريات الأخرى مقارنة بالجلوكوز تعادل ١١٠ للجلاكتوز ، ٤٣ للفركتوز ، ١٩ للمانوز ، ١٥ للزيلوز و للأرابينوز . ويكون امتصاص السكريات امتصاص نشط وضد منحنى التركيز خاصة الجلوكوز والجلاكتوز في حين أن امتصاص الفركتوز ، المانوز ، الزيلوز ، الأرابينوز فلا يكون امتصاصها نشطاً .

رغم عدم مناسبة تركيب الفركتوز ليمتص امتصاص نشط وبالتالي بطء معدل امتصاصه مقارنة بالجلوكوز والجلاكتوز فإنه يتمتع بسرعة أكبر للحركة عن سكر المانوز والزيلوز والأرابينوز وهذا ربما يرجع لتحول الفركتوز لكلا ممن حمض الاكتيك والجليكوز بخلايا مخاطية الأمعاء وكلاهما يستطيع بعد ذلك المرور خلال

الخلايا للدم . غياب أنزيم الفركتوكيناز Fructokinase و/أو جليكوز - ٦ - فوسفاتيز من خلايا مخاطية الأمعاء يعزي إليه الاختلافات النوعية في القابلية لتحول الفركتوز . ففي حين أن كلا الأنزيمين يوجدا بمخاطية خنزير غينيا ، فإن أنزيم الجلوكوز - ٦ - فوسفاتيز يغيب في الإنسان والفأر وبالتالي يعتقد بأن هذه الأنواع لا تستطيع تحويل الفركتوز بخلايا مخاطية الأمعاء .

الميكانيكية الحقيقية لعملية نقل السكريات غير معروفة ، ولكن يعتقد بوجود حامل Carrier على حافة الغشاء المخاطي والمجاورة لتجويف الأمعاء حيث يلتصق بها السكر . السكريات التي تنتقل بواسطة النقل النشط يثبط بعضها البعض الآخر مما يوحي بوجود حامل ومسلك عام لهذه السكريات . معقد السكر والحامل لا يتحرك في غياب أيونات الصوديوم (Na^+) الذي يسرع من دخول السكر بدون أن يؤثر على قدرة السكر على الارتباط بالحامل .

٢ - هضم وامتصاص البروتينات Digestion and Absorption of proteins :

(أ) في المجـــترات Ruminants :

هضم وامتصاص البروتينات في المجترات يتميز بصفات خاصة نظراً لوجود المعدة المركبة . ومنذ عام ١٩٢٨ ثبت أن الكائنات الحية الدقيقة التي تسكن الكرش مسؤولة عن التحلل المائي للبروتينات وذلك بواسطة أنزيمات التحلل المائي لبروتينات الطعام والتي ترتبط بأجزاء غشاء الخلية التي تفرزها . ولقد ثبت أنه خلافاً عن الحيوانات وحيدة المعدة ، لا توجد مصادر للأنزيمات المحللة الحرة بجدار الكرش . وعليه فإن كل المركبات النيتروجينية البروتينية وغير البروتينية تتحلل مائياً بواسطة البكتريا والبروتوزوا التي تسكن الكرش (شكل ٧-١٤) .

التحلل المائي للبروتينات Proteolysis :

تحت الظروف العادية للتغذية فإن معظم المكونات النيتروجينية الداخلة للكرش تكون عبارة عن بروتين . ونظراً لعدم وجود أنزيمات حرة محللة للبروتين خارج الخلايا تفرز بأي جزء من الكرش ، فإن هضم بروتينات الغذاء يتم بواسطة أنزيمات ميكروبات الكرش . حيث يتم أولاً تحلل البروتينات للأحماض أمينية يتبعها التحول للأمونيا . معدل عملية التحلل البروتيني يعتمد على درجة ذوبان البروتين بسائل الكرش .

ورغم النشاط الكبير المحلل للبروتين بالكرش ، فإن تركيز الأحماض الأمينية في سائل الكرش منخفض نظراً لوجود أنزيمات ميكروبية تنزع مجموعة الأمين Deaminase ويزيد نشاطها عند زيادة محتوى الغذاء من البروتين . عملية نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية قد تكون مؤكسدة Oxidative أو غير مؤكسدة . عملية نزع الأمين المؤكسدة يتم فيها نزع مجموعة الأمين مقروناً بعملية أكسدة حيث تتحول (١) الأحماض الأمينية من نوع ألفا إلى الأحماض الكيتونية من نوع ألفا و (٢) تتحول مجموعة الأمين إلى أمونيا . ويساعد هذا التفاعل أنزيم أكسيداز الحمض الأميني Amino acid oxidase وهو أنزيم يحوي مرافق أنزيم مؤكسد هو FAD . مرافق الازم المختزل يعاد أكسدته بواسطة الأكسجين الجزيئي (وليس عن طريق سلسلة التنفس) ليكون ماء الأكسجين (H_2O_2) . وتحت تأثير أنزيم الكتاليز Catalase يتكسر ماء الأكسجين إلى ماء وأكسجين .

$$CH_3-\underset{NH_2}{CH}-COOH+FAD+H_2O \rightleftharpoons CH_3-\underset{\overset{\|}{O}}{C}-COOH+NH_3+FADH_2$$

$$FADH_2 + O_2 \rightleftharpoons FAD + H_2O_2$$

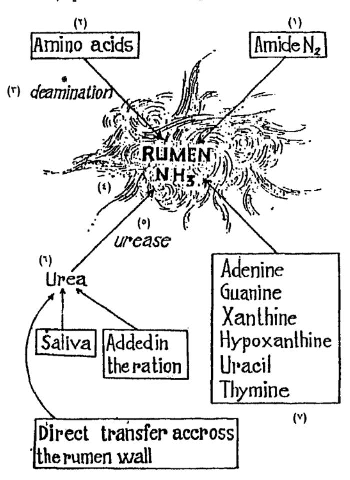
$$H_2O_2 \rightleftharpoons H_2O + O$$

عملية نزع الامين غير المؤكسد تساهم في إنتاج كمية كبيرة من الأمونيا بالكرش . حيث أن الأحماض الأمينية الأيدروكسيلية مثل السرين Serine والثريونين Theronine ينزع منها مجموعة الامين بمساعدة أنزيم ديهيدراز الحمض الأمينين Amino acid dehydrase . ويساعد الأنزيم في تكوين مركب وسطى غير ثابت عن طريق تكوين مركب وسطى غير ثابت بعد نزع الماء . هذا المركب يتفاعل حينئذ مع الماء للإنتاج حامض كيتوني من نوع الفا وأمونيا .

$$HO-CH_2-\underset{NH_2}{CH_2}-COOH \xrightarrow[\text{Serine}]{-H_2O} \left[CH_2=\underset{NH_2}{C}-COOH \;\downarrow\; CH_3-\underset{NH}{C}-COOH \right]$$

$$\underset{\text{Ammonia}}{NH_3} + \underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-\underset{O}{C}-COOH} \xleftarrow{+H_2O}$$

المواد الغذائية التي تتناولها المجترات تحتوي أيضاً على قدر محسوس من المواد النيتروجينية غير البروتينية Non-protein nitrogen (NPN) وتبلغ نسبتها في نباتات المراعي نحو ٢٠-٣٠٪ من جملة المواد النيتروجينية الكلية . وقد يحتوي السيلاج على نسبة أكبر وتشمل هذه المواد الأحماض الأمينية ، الببتيدات ، أحماض نووية ، نيترات وأمينات مختلفة . هذه المكونات سريعة الهدم بالكرش منتجة أمونيا وقليل من الأحماض الدهنية الطيارة وبعض المركبات الأخرى . الأحماض الدهنية الناتجة من الهدم الميكروبي للمواد النيتروجينية غير البروتينية غالباً ما تكون أحماض تحتوي ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ذرات كربون . وقد تضاف بعض المواد النيتروجينية غير البروتينية مثل اليوريا لغذاء المجترات بنسبة معينة . النشاط القوي للأنزيم اليورياز Urease المفرز من بكتريا الكرش يحول اليوريا الداخلة إلى أمونيا . وعليه يبدو أن الأمونيا تعتبر مركباً وسطياً هاماً في تحول نيتروجين الغذاء إلى نيتروجين ميكروبي (شكل ٧-١٤) .



شكل ٧-١٤ : المسارات المحتملة لتكوين الأمونيا بالكرش من المواد النيتروجينية غير البروتينية (عن بائرجي)

نيتروجين اميدى (٢) احماض امينيه (٣) نزع الأمين (٤) امونيا الكرش (٥) يورياز (٦) اليوريا (٧) مواد نيتروجينية غير بروتينية

إنتـاج الأمونيـا Ammonia production :

يتم في الكرش تحلل سريع للبروتينات وينتج أحماض أمينية يحدث لها بالتالي نزع لمجموعة الامين وتكوين الأمونيا . والبروتينات سريعة الذوبان بالماء تنتج كمية كبيرة من الأمونيا بالكرش . وعندما يكون معدل نزع مجموعة الامين أبطأ من عملية تحلل البروتين فقد يزيد تركيز الأحماض الامينية والببتيدات بالكرش بعد تغذية الحيوان . ولكن من الناحية الواقعية ففي النهاية تنزع مجموعة الامين من كل الأحماض الامينية ويصل أقصى تركيز للأمونيا بعد ٣ ساعات من التغذية .

الأمونيا تتكون أيضاً من مصادر غير الأحماض الأمينية . فكثيراً من البروتينات تحتوي نيتروجين أميدي Nitrogen amide ولقد وجد أنزيم اميداز Amidase في كثير من بكتريا الكرش المحللة للبروتين . وعدداً من مشتقات اليوريا مثل البيوريت Biuret وبعض الاميدات مثل خلات الجواندين قد تمثل بواسطة بكتريا الكرش ولكن لا يوجد دليل على تحرر أمونيا نتيجة لتلك العملية . وتقوم بكتريا الكرش بتحرر الأمونيا من الأدنين، الجوانين ، الزانثين ، الهيبوزانثين ، حمض اليوريك ، اليوراسيل والثيمين . وهناك مصدر آخر للأمونيا هو اليوريا التي تضاف للأغذية أو المصاحبة للعاب أو تلك الراجعة خلال جدر الكرش مباشرة . وأي كان المصدر فإن الناتج النهائي لفعل أنزيمات الميكروبات هو الأمونيا (شكل ٧-١٤) .

مصـير الأمونيـا Fate of ammonia :

الأمونيا الناتجة من تحلل البروتينات لأحماض أمينية ثم نزع مجموعة الأمين منها أو من المواد النيتروجينية غير البروتينية يحدث لها الآتي :

١ - تستعمل الأمونيا خلال عملية انقسام وتكاثر ميكروبات الكرش لتكوين بروتين خلاياها وذلك في وجود كربوئدرات ذائبة مثل النشا . وبزيادة عدد الكائنات الدقيقة بالكرش فإنها تمر مع الكتلة الغذائية للأنفحة والأمعاء الدقيقة حيث تهضم بروتينات خلاياها بواسطة أنزيمات المعدة العادية وتمتص كوحدات أحماض أمينية بالأمعاء الدقيقة . كمية البروتين الميكروبي الناتجة من الكرش تكون دليلاً على كمية النيتروجين والطاقة المتوفرة لنمو الميكروبات والطبيعة اللاهوائية لعملية التخمر بالكرش . ولقد ظهر أن الحيوان يمكنه الحصول على ٢٠ جم من البروتين الميكروبي الخام / ١٠٠ جم من المواد العضوية المهضومة بالكرش .

٢ - جزء من الأمونيا الموجودة بالكرش تمتص مباشرة وتصل الدم الجهازي حيث

تتحول بالكبد إلى يوريا وجزء صغير أيضاً قد يستعمل لتخليق أحماض أمينية غير ضرورية أو بعض المركبات الأخرى . ومعدل امتصاص الأمونيا يعتمد على درجة حموضة وقلوية الكرش pH (التي تتراوح بين ٢ر٥ - ٢ر٧ بمتوسط ٦ر٦) حيث أن الأمونيا تمتص بسرعة أكبر في صورة غير متأينة . زيادة الحموضة بالكرش نتيجة لتخمر الكربوئدرات يؤدي لخفض معدل امتصاص الأمونيا وهذا قد يفسر جزئياً حدوث زيادة في احتجاز النيتروجين عند التغذية على كربوئدرات مع المصدر النيتروجين الذي يتحول بسهولة إلى أمونيا بالكرش .

٣ - جزء من الأمونيا قد تمر إلى بعض حجرات الكرش الأخرى مثل الشبكية والورقية والأنفحة .

إعادة دورة اليوريا Urea recycling :

ثبت أن يوريا الدم تعود مرة ثانية للكرش بطريق مباشر بمرورها عبر جدار الكرش وغير مباشر خلال اللعاب (شكل ٧-١٥) . وفي الأغنام المغذاة تغذية عادية فإن نحو ٢٠٪ من النيتروجين الممتص كأمونيا يعاد دورته . هذه العملية ذات أهمية في الحيوانات التي تأكل أغذية فقيرة في النيتروجين مثل الأتبان .

تخليق البروتين الميكروبي Microbial protein synthesis :

الأمونيا هي المصدر النيتروجيني الذائب الوحيد الذي تستطيع الميكروبات الاستفادة منه في بناء البروتين اللازم لها . ولقد تأكد هذا باستخدام الكرش الصناعي In vitro . إضافة الكبريت سواء في الحيوانات أو في بيئة الكرش الصناعي تحدث زيادة في نمو ميكروبات الكرش حيث يستخدم في تخليق الأحماض الأمينية الكبريتية في بروتين البكتريا . ولقد ظهر أن نحو ٥٠٪ من النيتروجين الموجود بالنباتات يحول إلى نيتروجين ميكروبي . وهذه العملية تتيح الاستفادة من نيتروجين الغذاء الموجود في صورة بروتين ، يوريا أو أملاح أمونيا وتحولها إلى بروتين ميكروبي ذو قيمة بيولوجية مرتفعة .

ولقد لوحظ أن عملية التخليق البروتيني التي تقوم بها ميكروبات الكرش مستخدمة الأمونيا كمصدر للنيتروجين قد تضطرب خلال المعاملة بالمضادات الحيوية . وبالمثل فتغير الحموضة والقلوية نتيجة للاضطرابات الميتابلزمية أو الأمراض نتيجة لحدوث قرح بالكرش يؤثر على تكاثر الكائنات الدقيقة بالكرش .

امتصاص الأحماض الأمينية Absorption of amino acids :

في الظروف العادية للتغذية يكون تركيز الأحماض الأمينية بالكرش منخفض جداً عدا عقب التغذية مباشرة وخاصة على الأغذية الغنية بالبروتينات الذائبة . إضافة لذلك فتحت هذه الظروف يكون معدل هدم الأحماض الأمينية الحرة بواسطة ميكروبات الكرش مرتفعاً وبالتالي لا يحدث لها امتصاص جوهري بالكرش . ورغم ذلك فلقد تأكد حدوث نقل للجليسين عبر طلائية الكرش حيث ثبت زيادة مستوى الجليسين بدم الأغنام والماعز بعد إضافته للكرش .

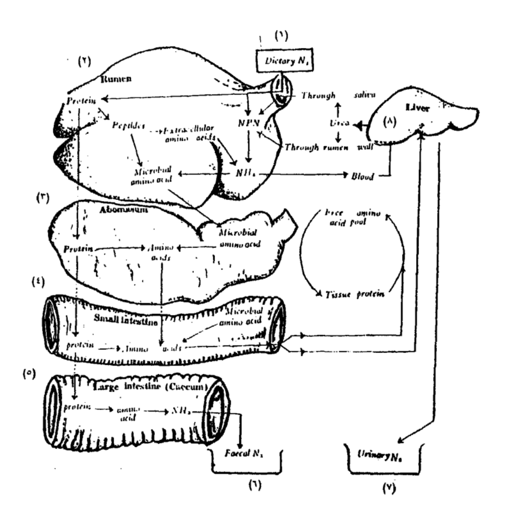
ونظراً لأن حياة الكائنات الحية الدقيقة قصيرة جداً ، فإنها تمر بكميات وافرة مع الكتلة الغذائية أثناء هضمها بالقناة الهضمية وعن هذا الطريق فإن أعداداً هائلة من الميكروبات تصل للأنفحة حيث تفرز أنزيمات محللة للبروتين من غددها الجدارية . كما أن هذه الكائنات عندما تصل للأمعاء الدقيقة تتعرض للعصارة البنكرياسية ولأنزيمات الأمعاء الدقيقة المحللة للبروتين والمتوفرة بقرب حواف أغشية الخلايا الطلائية فتعمل على الكائنات الميتة فتكمل هضمها لأحماض أمينية كناتج نهائي . هذه الأحماض الأمينية تمتص عبر الخملات الدقيقة للأمعاء الدقيقة وتنتقل للدم حيث يستخدمها الجسم في النمو وتعويض الأنسجة المفقودة ، حفظ مخازن البروتين بالجسم وللإنتاج مثل اللبن واللحم وغيره .

هضم المواد النيتروجينية بالأمعاء الدقيقة Digestion of nitrogenous compounds :

بصرف النظر عن الأمونيا التي لا توجد بكمية جوهرية بالأمعاء الدقيقة ، فإن المركبات النيتروجينية الداخلة للاثنى عشر تتكون أساساً من البروتينات التي قد تهرب من الهضم بالأنفحة أو قد تكون نواتج للهضم الجزئي للبروتين الذي يكون مصدره الأساسي البروتين الميكروبي أو جزيئاً من الإفراز الداخلي في الأنفحة (شكل ٧-١٥) . الأحماض النووية قد تساهم بنسبة محسوسة من النيتروجين في الكتلة الغذائية بالإثنى عشر .

وفي الأمعاء الدقيقة يعاد هضم البروتين غير المهضوم إلى أحماض أمينية بعضها قد يحدث له نزع لمجموعة الأمين وتكوين أمونيا . الأمونيا المتكونة تمتص وتصل للدم الجهازي خلال الطلائية المحيطة بالأمعاء الدقيقة . الأنزيمات اللازمة لهذا مثل التربسينوجين والكيموتربسينوجين تفرز مع العصير البنكرياسي . أنزيم الأنتيروكيناز

المحلل للبروتين المفرز من خلايا الإثنى عشر ينشط تحول انزيم التربسينوجين إلى تربســين . وهناك عدد من الأنزيمات الأخرى المحللة للبروتين مثل الأمينو بولي ببتيداز والداي ببتيداز وغيرها تفرز عند الحافة المشرشرة للخلايا الطلائية بالأمعاء الدقيقة،هذه الأنزيمات تكون مسئولة عن التحلل النهائي للببتيدات إلى أحماض أمينية .



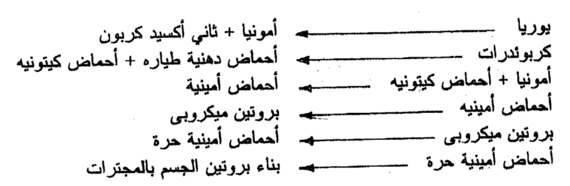
شكل ٧-١٥ : رسم لتوضيح الاستفادة من البروتينات والمواد النيتروجينية غير البروتينية في المجترات (عن بانرجي) .

(١) نيتروجين الغذاء (٢) الكرش (٣) الأنفحه (٤) الأمعاء الدقيقة (٥) الأمعاء الغليظه (٦) نيتروجين الروث (٧) نيتروجين البـول (٨) الكبد

استعمال اليوريا كبديل للبروتين Use of urea as a protein replacer :

خلال الحرب العالمية الثانية واجه الألمان مشكلة توفير الأعلاف لتغذية حيواناتهم مما جعلهم يستخدمون المواد النيتروجينية غير البروتينية فى تغذية الحيوانات المجترة . وأضيفت اليوريا بنسبة ٣٠٪ من كمية النيتروجين الكلية الموجودة بالغذاء وكان إنتاج الحيوانات عادياً . وتلى ذلك أبحاث لوسلي ومساعدوه التي أكدت أن ميكروبات الكرش تستطيع تخليق الأحماض الأمينية العشرة الضرورية لنمو الفأر باستخدام اليوريا . وعليه اعتبر أن الاستفادة من المواد النيتروجينية غير البروتينية ذو أهمية في تغذية المجترات وأمكن التأكد من إمكانية إحلال اليوريا بدل ٣٠٪ من الاحتياجات البروتينية للحيوانات الناضجة أو الحلابة . هذا الإحلال أصبح ممكناً لأن الغذاء الطبيعي للمجترات يحتوي نحو ٣٠٪ من كمية النيتروجين به في صورة مركبات غير بروتينية مثل الأحماض الأمينية والأميدات والأمينات . وبذلك يمكن إضافة اليوريا بنسبة ٣٪ من الغذاء المركز ويفضل أن يضاف معها كربوئدرات ذائبة مثل النشا بمعدل ١ كجم/١٠٠ جم يوريا لتوفير الطاقة الضرورية لاحتياجات البكتريا .

اليوريا الداخلة للكرش تتحلل بسرعة بواسطة أنزيم اليورياز البكتيري إلى أمونيا تتحول بعد ذلك لأحماض أمينية تستعملها في النهاية الميكروبات لبناء جسمها . وإضافة كمية من الكبريت والفسفور للعليقة المحتوية على اليوريا يشجع تخليق الأحماض الأمينية الكبريتية الضرورية لتكون خلايا الميكروبات بصورة طبيعية . ويمكن توضيح كيفية استفادة ميكروبات الكرش من اليوريا للمعادلات التالية :



وعلى الرغم مما تقدم فإن التغذية على اليوريا أو أي مصدر نيتروجيني غير بروتيني آخر لا يعتبر ذو قيمة تفوق تغذية الحيوانات المجترة على البروتين . ولذلك فاستعمال هذه المركبات يحكمه العوامل الاقتصادية . وفي مصر بعد أن ظهرت مشكلة نقص الأعلاف المركزة خاصة كسب بذرة القطن والحبوب خاصة في موسم الصيف حيث تقل

مصادر المواد النيتروجينية فإن هذا قد دعا إلى تصنيع أعلاف المجترات وإضافة اليوريا لها بنسبة معينة كمصدر للنيتروجين بدلاً من الكسب والحبوب حيث أن اليوريا تحتوي نحو ٤٧٪ من مكوناتها نيتروجين . ولعل هذا قد ساهم في الحل الجزئي لمشكلة نقص الأعلاف الحيوانية المركزة بدلاً من استعمال كسب بذرة القطن كمصدر أساسي للمواد النيتروجينية .

(ب) في غير المجـــترات Non - ruminants :

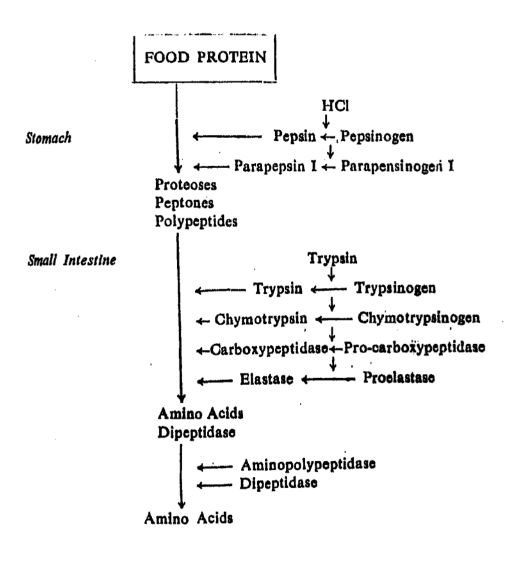
يبدأ هضم البروتينات في معدة الحيوانات غير المجترة حيث يتم تخزين المواد الغذائية وتمريرها تدريجياً للأمعاء حيث تستكمل عمليات هضمها وامتصاصها . ولقد ثبت وجود نحو ٣٥٠ مليون غدة في معدة الإنسان حيث تفتح قنوات هذه الغدد في التجويف المعدي . ويوجد ثلاثة أنواع من الخلايا في الغدد المعدية : (١) خلايا العنق وتفرز المخاط ، (٢) الخلايا الرئيسية وتنتشر بجسم الغدة وتفرز الببسين و (٣) الخلايا الجدارية وهي أكبر حجماً وتنتشر بجسم وعنق المعدة وتقوم بإفراز حمض الأيدروكلوريك (شكل ٧-٨) .

حامض الأيدروكلوريك من المكونات الهامة للعصارة المعدية . ويصل تركيزه في عصارة معدة الكلاب نحو ٥ر٥٪ مما يجعل حموضة سائل المعدة تصل إلى pH قدرة ٥ر٢ ، غير أن تركيز الحامض منخفض في معدة الحيوانات آكلة العشب . ويقوم هذا الحامض بوظائف هامة مثل : (١) توفير الحموضة الملائمة لعمل الأنزيمات . (٢) قد يساهم في التحلل المائي للبروتينات . (٣) تنشيط أنزيمي الببسين والرنين . (٤) له فعل قاتل للبكتريا وبالتالي يطهر المعدة . (٥) يذيب الأملاح غير القابلة للذوبان بكمية كافية ويجعلها قابلة للامتصاص مثل الحديد .

أنزيم الببسين Pepsin يستطيع هضم أي نوع من البروتين الغذائي . وهو لا يقوم بهضم كامل للبروتين إلى أحماض أمينية بل يقوم بفصل سلاسل عديدة الببتيد . ويحول البروتين إلى برتوزات وببتونات وبعض السلاسل الببتيدية القصيرة التي تدخل بعد ذلك إلى الأمعاء الدقيقة حيث يتم تكملة تحلل البروتينات (شكل ٧-١٦) . والببسين لا يفرز مباشرة من الخلايا المعدية ولكن يفرز في صورة ببسينوجين Pepsinogen يتحول في تجويف المعدة إلى ببسين بواسطة فعل حمض الأيدروكلوريك .

بعد دخول نواتج التحلل الجزئي للبروتين للأمعاء الدقيقة تهاجمها أنزيمات العصارة البنكرياسية التي تحتوي مجموعة من الأنزيمات المحللة للبروتين مثل التربسين Trypsin ، الكربوكس ببتيداز Carboxypeptidase ، الكيموتربسين Chymotrypsin

والألستاز Elastase (ببتيداز) . وجميع هذه الأنزيمات تستطيع تحليل نواتج التحلل الجزئي للبروتينات إلى المرحلة النهائية وهي الأحماض الأمينية أو ببتيدات ثنائية . والخلايا الطلائية للأمعاء الدقيقة تحتوي أنزيمات أخرى متخصصة في تحلل الرابطة الببتيدية النهائية لمختلف الببتيدات الثنائية مثل أنزيم الداي ببتيداز Dipeptidase تستطيع تحليل الببتيدات الثنائية لأحماض أمينية بمجرد أن تمتص عبر الطلائية إلى الدم البابي . ونظراً لأن الرابطة الببتيدية تختلف عن بعضها البعض في مقدار طاقة الرابطة وعوامل أخرى فإن الرابطة بين أنواع معينة من الأحماض الأمينية يلزمها أنزيمات خاصة لعملية التحلل .



شكل ٧-١٦ : تحلل البروتينات إلى الأحماض الأمينية بمساعدة أنزيمات المعدة والأمعاء (عن باترجي)

امتصاص الأحماض الأمينية Absorption of amino acids :

في الظروف العادية للتغذية يتم تحلل بروتينات الغذاء إلى أحماض أمينية تمتص من الأمعاء للدم البابي مع وجود احتمال بأن بعض التحلل وخاصة للببتيدات يتم بجدر الأمعاء . وتختلف الأحماض الأمينية في معدل امتصاصها وهو الأمر الراجع أساساً إلى تركيبها . فالأحماض الأمينية تتبع ثلاثة مجاميع : أحماض متعادلة وهي تلك التي تحوي مجموعة أمين ومجموعة كربوكسيل ، أحماض قاعدية وهي تلك التي تحوي مجموعتين أو أكثر من المجاميع الأمينية مقابل مجموعة كربوكسيل واحدة والأحماض الحمضية وهي التي تحوي مجموعتين كربوكسيل ومجموعة أمين واحدة . ولقد افترض أن هذه المجاميع من الأحماض تستعمل ثلاثة نظم حاملة Carrier مختلفة تقوم بنقل الحامض من جهة الخلية المقابلة لتجويف الأمعاء إلى الجهة الداخلية ويمكن تخيل ذلك بالقارب الذي يقوم بنقل الركاب من أحد حواف قناة إلى الحافة الأخرى .

وفيما بين الأحماض المتعادلة التي تستعمل نفس الحامل يوجد تنافس في عملية النقل حيث يعتبر اليوسين Leucine أكثر تثبيطاً لنقل الجليسين Glycine عن غيره . وبالمثل فإن الأحماض القاعدية تستعمل نفس الحامل ولكن تتنافس فيما بينها حيث أن الأرجنين Arginine أو السيستين Cystine تثبط نقل الليسين Lysine . وكلا الأحماض المتعادلة والقاعدية تنتقل بطريقة النقل النشط حيث يلزمها طاقة لتنتقل عبر جدار الأمعاء .

امتصاص الأحماض الأمينية الحمضية مثل الجلوتمك Glutamic والاسبارتيك Aspartic غير معروف تماماً . ولقد اقترح أنهما لا يمتصها بطريقة النقل النشط حيث أن كمية بسيطة نسبياً تصل للدم البابي بعد التغذية . ولقد أعزى هذا لحدوث انتشار خلال عملية الامتصاص . بعض الأحماض المتعادلة تتنافس مع بعض الأحماض القاعدية أو الحامضية ولكن العكس غير صحيح .

هضم وامتصاص الليبيدات Digestion and absorption of lipids :

تعتبر الدهون المتعادلة أو الجلسريدات الثلاثية هي الدهن الغالب في الأغذية ذات الأصل النباتي أو الحيواني . وكل جزئي من هذه الدهون يتكون من جزيء جليسرول متحد مع ثلاثة أحماض دهنية . وفي الأغذية المعتادة توجد أيضاً كميات بسيطة من بعض المركبات أو المشتقات الدهنية الأخرى مثل الفسفوليبيدات والكوليسترول . ومن جهة أخرى فإن الكوليسترول مركب أستيرولي Sterol لا يحوي أحماض دهنية ولكن يتصف ببعض الخواص الطبيعية والكيماوية للدهون ويذوب فيها ، كماأنه يشتق من

الدهون ويمثل كالدهون مما يضع الكوليسترول من الوجهة الغذائية مع الدهون .

(أ) في المجـترات Ruminants :

الحيوانات المجترة تختلف عن غيرها من الثدييات خاصة أكلات العشب في تمثيل الدهون بالآتي : (١) الدهن المترسب في الحيوانات المجترة يحتوي نسبة عالية من أحماض الأستياريك والأوليك . (٢) وجود الأحماض الدهنية المتشعبة والفردية في أنسجة ولبن المجترات . (٣) الأحماض الدهنية غير المشبعة المأكولة والمعروف أنها سهلة التمثيل والانضمام للدهن المرسب في الحيوانات غير المجترة يبدو أنها لا تنضم لدهن أنسجة المجترات بنفس الطريقة . هذه الملاحظات توحي للانطباع بأن تمثيل الأحماض الدهنية في المجترات يختلف في بعض العمليات الأساسية عما في الثدييات الأخرى .

هضـم الدهـون بالكـرش :

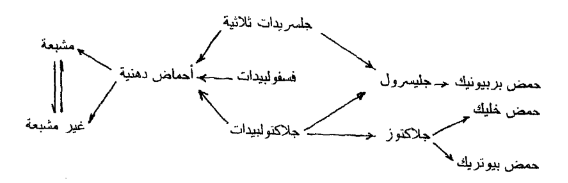
تخضع الدهون المأكولة لفعل الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش بكرش المجترات . وتأثير الكائنات الدقيقة يشمل ثلاث عمليات هي تحرر الأحماض الدهنية المؤسترة ، تشبيع الأحماض الدهنية غير المشبعة وتخمر الجليسرول خلال تحلل الدهون .

تحلل الدهون النباتية التي تتميز باحتوائها على نسبة عالية من الجلاكتو لبيدات Galactolipids ثبت حدوثه بكرش المجترات . هذه الدهون تتكون من جليسرول ، سكر جلاكتوز وأحماض دهنية غالباً ما تكون لينولنيك (٩٦٪) ، لينوليك (٢٪) وبالمتيك (٢٪) . وظهر أن عدداً من ميكروبات كرش الأغنام تنتج أنزيمات تشمل الجلاكتوزسيداز Glactosidase بمقدرتها تحرير الجلاكتوز من الجلاكتولبيدات . كما أن عدداً من بكتريا كرش الماشية يستطيع تحرير الأحماض الدهنية من الجلاكتولبيدات قبل إنتاجها للأنزيم الجلاكتوسيداز .

هدرجة الأحماض الدهنية غير المشبعة من العمليات الرئيسية التي تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة بكرش المجترات بعد أن تنفصل من جزئي الجليسرول . حيث أن الميكروبات تفرز أنزيم هيدروجيناز Hydrogenase ينشط الأيدروجين الجزيئي . والظروف اللاهوائية لازمة لعملية الهدرجة . وتزيد عملية الهدرجة عندما يوجد الأيدروجين في الصورة الغازية . وفعل البروتوزوا خاصة Oligotricha في عملية تشبيع الأحماض غير المشبعة أكبر من دور البكتريا . ويتم في الكرش أيضاً عملية عكسية هي

عدم التشبيع Unsaturation ولكن المحصلة النهائية تكون في صالح التشبيع . وغالباً ما تكون بروتوزوا Holotricha هي المسؤولة عن ذلك .

تخمر الجليسرول والجلاكتوز المتحررين من الدهون من العمليات التي تتم في الكرش . وينتج ذلك أحماض دهنية طيارة غالباً ما تكون حمض البروبيونيك عند تخمر الجليسرول . ولقد عزل من كرش الأغنام نوع من البكتريا المخمرة للجليسرول هو Selenomonas ruminantium وهي لا تحلل الدهون ولكنها تخمر السكريات منتجة حمض خليك وبروبيونيك ولاكتيك . ويمكن لمختلف أنواع ميكروبات الكرش خاصة بعض أنواع البكتريا وبروتوزوا Holotricha أن تخمر الجلاكتوز . التحولات الرئيسية لدهون الغذاء والحادثة بتأثير الكائنات الحية الدقيقة التي يعيش بالكرش يمكن تلخيصها في الآتي (شكل ٧-١٧) .



شكل ٧-١٧ : مصير دهون الغذاء بكرش الحيوانات المجترة

الأحماض الدهنية القصيرة الطيارة الناتجة من تحلل وتخمر الدهون تمتص بقدر وافر عبر جدر الكرش . الأحماض الدهنية القصيرة خاصة المشبعة لا تمتص بالكرش ولذلك تمر مع محتويات الكرش باستمرار عبر الورقية للأنفحة حيث تصل أيضاً ملايين الكائنات الدقيقة الميتة التي تتحطم قبل أن تدخل الكتلة الغذائية للأمعاء الدقيقة . ولقد ظهر أن مقدار الدهون التي يكون مصدرها الكائنات الدقيقة قد يصل إلى ٢٥٪ من كمية الأحماض الدهنية التي تصل للأمعاء الدقيقة للأغنام المغذاة على دريس وغذاء مركز (نحو ١٢ جم/يوم) . وهذا قد تأكد حدوثه في الماشية حيث تحصل الأبقار الناضجة يومياً على نحو ١٢٠ جم من الدهون الميكروبية .

ومقدار الأحماض الدهنية الحرة التي تصل للأثنى عشر واللفائفي بالأغنام منسوبة إلى جملة الأحماض الدهنية تمثل مقدار بسيط عن القيمة المقابلة لها في محتويات الكرش .

وهذا يكون مصحوبا بزيادة في نسبة المركبات الغير مشبعة المحتوية على ١٨ درة كربون كنتيجة لعملية أسترة . هذه الدهون تشتق من فسفولبيدات الصفراء ، ليبوبروتين سائل الأنسجة ، الخلايا الطلائية المفصولة والإفرازات الأخرى الداخلة لتجويف الأمعاء .

امتصاص الدهون من الأمعاء الدقيقة :

تتضمن هذه العملية استحلاب الدهون بواسطة العصارة الصفراوية وتحلل الدهون بمساعدة اللليباز الميكروبي أو البنكرياس . هاتين العمليتين هامتين للانتاج جسيمات غروية (ميسليات ذائبة) تتكون من أملاح الصفراء والأحماض الدهنية والجلسريدات الأحادية . هذه الجسيمات الغروية تمتص بواسطة الخملات الدقيقة لخلايا طلائية الأمعاء حيث تتحول إلى جليسريدات ثلاثية بالمستحلب الدهني Chylomicrons .

تحلل وتخمر الدهون بالكرش ينجم عنه فقد محسوس لجليسرول دهون الغذاء ولذلك توجد كميات بسيطة جداً من الجليسريدات الأحادية بالأمعاء الدقيقة للمجترات . الجليسرول المطلوب لتخليق الجليسريدات الثلاثية بمخاطية الأمعاء غالباً ما يكون مصدرة التخليق الداخلي .

(ب) في غير المجــترات Non-ruminants :

هضم الدهون يتم أساساً بالأمعاء الدقيقة رغم أن كميات بسيطة من الجليسريدات الثلاثية ذات الأحماض قصيرة السلسلة تهضم بالمعدة بواسطة الليباز المعدي . والهضم بالمعدة يكون محصوراً في هضم دهن اللبن أو البيض وغيره بالحيوانات الصغيرة وهو ما لا يحدث في الحيوانات الكبيرة بصورة جوهرية .

هضم الدهون بالأمعاء الدقيقة :

الدهون الطبيعية والفسفولبيدات وإسترات الكوليسترول تتحلل أولاً في الأمعاء الدقيقة . ولكن الكوليسترول والأحماض الدهنية الحرة لا يلزمها أي هضم أو تحلل حيث تمتص كما هي . أول مرحلة لهضم الدهون هو تفتيت حبيبات الدهن الكبيرة إلى حبيبات دقيقة تكون في صورة مستحلب غروي مع الماء مما يسهل عمل أنزيمات الهضم على سطح حبيبات الدهن . هذه العملية تتم بتأثير عصارة الصفراء المفرزة من الكبد والتي لا تحتوي أي أنزيمات هضم . ويلي ذلك مرحلة الهضم التي تتم بتأثير أنزيم الليباز

Lipase (شكل ٧-١٨) . ويوجد عدة أنواع من أنزيمات الليباز تفرز من أربعة مصادر بجسم الحيوان وهي :

١ - الليباز المعدي ومصدره المعدة ودورة قليل في تحلل الدهون .

٢ - الليباز البنكرياسي وهو أهم أنزيم في هضم الدهون وفي وجود أملاح الصفراء وعند pH يتراوح بين ٦-٧ يقوم بتحليل الجليسريدات الثلاثية إلى جليسريدات أحادية ، جليسريدات ثنائية ، أحماض دهنية وجليسرول . الجليسريدات الأحادية والثنائية تذوب في الماء وتمتص خلال الأوردة البابية .

٣ - ليباز الخلايا الطلائية المعوية ويعمل على الأحماض الدهنية المتوسطة وليس الطويلة وله دور هام في تخليق أنواع جديدة من الجليسريدات بداخل طلائية الأمعاء في الطريق للدورة الدموية .

٤ - ليباز الليبوبروتينات وهو أنزيم يساعد في تحلل الجليسريدات الثلاثية المرتبطة مع البروتينات كتلك الموجودة في ليبوبروتينات السيرم .

الليباز البنكرياسي متخصص في تحلل رابطة الأستر الأولى ولهذا السبب فهضم الجليسريدات الثلاثية بالليباز يتم أولاً عن طريق نزع تدريجي للحامض الدهني الطرفي لإنتاج ألفا وبيتا - ثنائي الجلسريد ، الحامض الدهني الطرفي الآخر سينزع بعد ذلك لإنتاج بيتا - أحادي الجلسريد . ونظراً لأن هذا الحامض الدهني الأوسط يرتبط بواسطة مجموعة أستر ثانوية فإن نزعه سيحتاج إلى عملية تعديل إلى صنورة رابطة الاستر الأولية . وهذه عملية بطيئة نسبياً وكنتيجة لهذا فإن البيتا - أحادي الجلسريد هو الناتج النهائي الرئيسي لهضم الدهون وأن أقل من ربع الدهون المأكولة تتحلل كلية إلى جليسرول وأحماض دهنية . وسرعة تحلل الجلسريدات الثلاثية بواسطة الليباز البنكرياسي تعتمد على طول السلسلة . كذلك فالأحماض الدهنية غير المشبعة تتحلل بسرعة عن الأحماض المشبعة .

دهن ←(صفراء)— مستحلب دهن ←(ليباز)— جلسريد أحادي (٧٨٪)
جليسرول] (٢٢٪)
أحماض دهنية]

امتصاص الدهـــون :

(أ) امتصاص نواتج تحلل الجلسريدات الثلاثية :

نظراً لذوبان الجليسرول الحر (٢٢٪) في الماء فهو سهل الامتصاص للدورة الدموية البابية التي تحمله للكبد . الأحماض الدهنية الحرة أو الغير مؤسترة التي تحتوي على أقل من ١٠ إلى ١٢ ذرة كربون تمتص مباشرة للوريد البابي وتحمل للكبد .

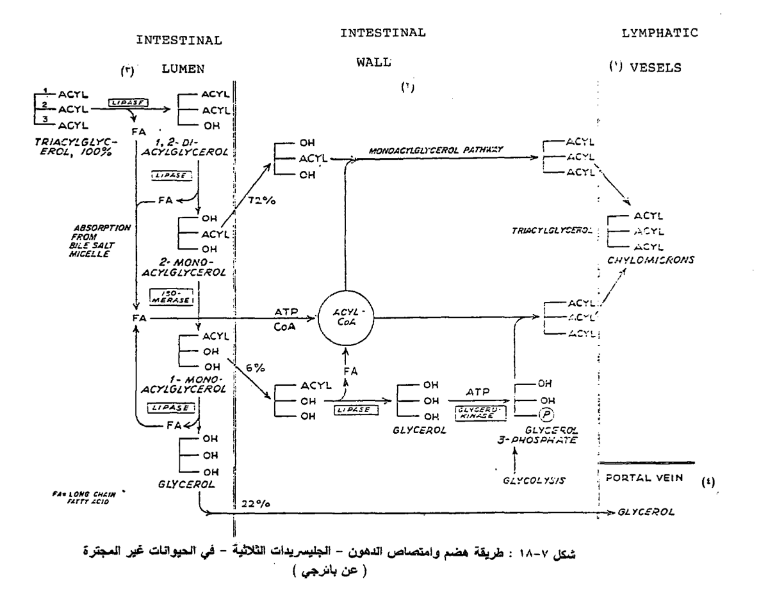
أما الجليسريدات الأحادية والثنائية والأحماض الدهنية طويلة السلسلة فقليلة الذوبان في الماء وتحتاج لعامل مبلل لتسهيل عملية الامتصاص . أملاح الصفراء تلعب دوراً حيوياً حيث تعمل كمعبر لنقل نواتج هضم هذه الدهون خلال جدار الأمعاء . في نفس الوقت فإن أملاح الصفراء تتجمع مع الجليسريدات الأحادية مكونة مستحلبات دقيقة أو ميسليات وذلك عندما يصل تركيز أملاح الصفراء إلى قيمة حرجة يسمى Critical micellar concentration (CMC). ونظراً لأنه في الظروف العادية يكون تركيز أملاح الصفراء المرتبطة أعلى من القيمة الحرجة ، فإن الجلسريدات الأحادية بسرعة تكون ميسليات بمجرد أن تتحرر هذه من الجلسريدات الثلاثية تحت تأثير أنزيم الليباز مع أملاح الصفراء . الميسليات Micelles عبارة عن جزيئات ميكروسكوبية قابلة للذوبان في الماء وبذلك تتخلل الغشاء المخاطي .

بداخل جدار الأمعاء تتحلل البيتا – أحادي الجلسريد إلى جليسرول وأحماض دهنية حرة في حين أن الألفا – أحادي الجلسريد قد تتحول إلى جلسريدات ثلاثية بتأثير ليباز الأمعاء . الاستفادة من الأحماض الدهنية الطويلة في إعادة تخليق جلسريدات ثلاثية يحتاج أولاً لعملية تنشيط . وهذه تكتمل بتكوين مشتق للحامض الأميني مع كوانزيم – أ (أسيل Acyl) . وتلك العملية تحتاج لـ ATP ويساعدها أنزيم ثيوكيناز Thiokinase .

$$R\text{-}COOH + ATP \xrightarrow{\text{ثيوكيناز}} R\text{-}\overset{O}{C}\text{-}S\text{-}COA + AMP + PP + Enzyme$$

حمض دهني ــــــــــ حمض دهني نشط

وكما هو ملاحظ في شكل رقم ٧–١٨ فإن نحو ٦٪ من الجلسريدات الأحادية الممتصة خلال جدر الأمعاء تتحلل بواسطة ليباز الأمعاء . الجليسرول الحر يكون متوفراً ويمكن إعادة استخدامه لتخليق جلسريدات ثلاثية بواسطة اتحاده مع الأحماض الدهنية الحرة الموجودة بجدار الأمعاء نتيجة لامتصاصها من الأمعاء أو نتيجة لتحلل الجليسريدات الأحادية بداخل جدار الأمعاء .



شكل ٧-١٨ : طريقة هضم وامتصاص الدهون - الجليسريدات الثلاثية - في الحيوانات غير المجترة
(عن بانرجي)

(١) وعاء ليمفاوى (٢) جدار الأمعاء (٣) تجويف الأمعاء (٤) الوريد البابى

الجلسريدات الثلاثية المتكون بمخاطية الأمعاء بعد الامتصاص تنتقل خلال الغشاء الليبوبروتيني للخلايا الطلائية . ولهذا فإن الدهن حديث التكوين يكون ذائباً نتيجة لإحاطته بغلاف ليبوبروتيني يتكون من الفسفولبيدات والبروتين . هذه الجزيئات تسمى كيلوميكرون Chylomicrons وعرفت أولاً في الليمف Lymph (أو Chyle) . وهذه المرحلة تتم قبل تحرير الدهن المعاد تخليقه في الأوعية الليمفاوية مباشرة .

وهناك أيضاً دليل على أن الدهون غير المتحللة (الدهن المتعادل) يمكن أن تمتص إذا أمكن توزيعها في صورة جزيئات دقيقة جداً (قطر أقل من نصف ميكرون)،مخلوط أملاح الصفراء ، الأحماض الدهنية والجلسريدات الأحادية يمكن أن يوفر هذه الدرجة من التوزيع للدهون المتعادلة . وتتم هذه العملية بطريقة الابتلاع Pinocytosis حيث تنغمس الحبيبات مباشرة بغشاء الخلية . نسبة الدهون الممتصة عن هذا الطريق تكون قليلة .

(ب) امتصــاص الكوليسترول :

يوجد الكوليسترول بالغذاء في صورة غير مؤسترة أو مؤسترة مع الأحماض الدهنية . الكوليسترول المؤستر يتحلل في تجويف الأمعاء إلى كوليسترول وأحماض دهنية بمساعدة أنزيم كوليسترول استيراز البنكرياس . هذا الكوليسترول يبدو أنه الكوليسترول الحر الوحيد الذي يمتص بالأمعاء وفي المخاطية يختلط مع الكوليسترول الداخلي . وهنا يحدث أسترة لمعظم الكوليسترول مع الأحماض الدهنية ، وبعد ذلك فإن الكوليسترول الحر (٣٠٪) والمؤستر (٧٠٪) ومعهم الجليسريدات الثلاثية والفسفولبيدات تمر إلى الليمف في صورة مستحلب دقيق Chylomicrons . ووجود دهن الغذاء يشجع امتصاص الكوليسترول .

الهضــم في الطيــور

Avian digestion

يختلف الهضم في الطيور عن الثدييات نتيجة لعدم وجود أسنان وقولون أو معدة مركبة ولذلك فقد عوضت الطيور عنها بالحوصلة crop والقونصة Gizzard (Ventriculus) ووجود أعور مزدوج كبير . والطيور بتركيب جهازها الهضمي هذا لا تستطيع هضم نسبة كبيرة من الألياف لعدم وجود الأجهزة الخاصة بذلك وعليه فهي تعتمد في غذائها على الحبوب حيث تنخفض نسبة الألياف . الجزء الوحيد الذي يقوم بهضم السليلوز في

الطيور هو الزوائد الأعورية Caeca والمستقيم ، وعليه تتوقف نسبة الألياف التي يمكن وجودها في عليقة الطيور على حجم هذه الأجزاء . فالحمام لا يمكنه التغذي على علائق غنية بالألياف لأن هاتين الزائدتين أثريتين بينما البط يمكنه التغذي على علائق بها نسب عالية من الألياف نظراً لكبر حجم هاتين الزائدتين . ونظراً لطبيعة التغذية على الحبوب فلقد تحور الجهاز الهضمي أيضاً لكي يلائم ذلك حيث توجد الحوصلة لترطيب الحبوب والقونصة لطحنها (شكل ٧-١٩) .

وتلتقط الطيور طعامها بالمنقار . ويمر الغذاء بسرعة للقناة الهضمية . ويفرز بالفم لعاب غزير مخاطي يحتوي على أنزيم الأميلاز كما قد توجد كمية بسيطة من الليباز . ويبتلع الدجاج طعامه بتحريك البلعة للخلف بمساعدة رفع رأسه للأعلى . وخلال المرىء تتحرك البلعة بمساعدة الحركة الدودية ، أما الماء فينتقل بمساعدة الجاذبية الأرضية .

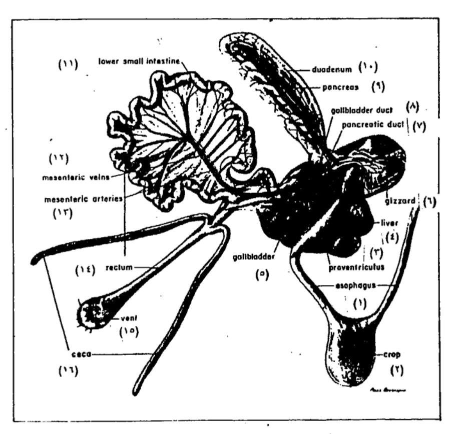
وعند نهاية رقبة الطيور يتمدد المريء مكوناً تجويف يسمى الحوصلة Crop يعمل كمكان لحفظ الغذاء وترطيبه كما يحدث هضم بسيط لبعض مكوناته . تفرز غدد الحوصلة إفرازاً غزيراً يرطب الغذاء كما تحدث بعض الأنشطة الهضمية بمساعدة أميلاز اللعاب أو التخمرات البكتيرية . وتحتوي حوصلة الحمام على غدد تفرز اللبن الحويصلي Crop milk خلال فترة حضانة فراخها .

تفرغ الحوصلة محتوياتها خلال الجزء السفلي من المرئي ليصل إلى المعدة Stomach . وهي تتكون من جزئين الأول صغير ويتصل بالمريء ويسمى المعدة الحقيقية أو ما قبل القونصة Proventriculus وهو يفتح في الجزء الثاني وهو القونصة Gizzard . ولا يمكث الطعام كثيراً في المعدة الحقيقية لصغرها ولذلك فإن إفرازه من العصارة المعدية المحتوية على حامض الأيدروكلوريك وأنزيم الببسين يمر بسرعة للقونصة وبذلك فإن الهضم في هذا العضو قليلاً . القونصة عضو عضلي ذو شكل قرص وتغطى من الداخل بطبقة قرنية (طبقة كويلن Koilin layer) تساهم في تفتيت الحبوب لقطع صغيرة بمساعدة الحصى الموجودة بها . ولا تفرز القونصة أنزيمات ولكن الأنزيمات المفرزة من المعدة الحقيقية يستمر عملها في القونصة . وقونصة الطيور التي تتغذى على الحبوب جيدة التكوين عن تلك التي تتغذى على أغذية ناعمة . إزالة القونصة من الطيور لا يؤثر على حياتها ولكن يقل معامل هضم الأغذية الخشنة .

الأمعاء الدقيقة في الطيور مثلها مثل الثدييات تتكون من ثلاثة أجزاء هي الإثنى عشر ، اللفائفي ثم المعي الأخير وتمتد من القونصة إلى بداية الأعوران . وهي قصيرة

نسبياً وقطرها ثابت في جميع أجزائها تقريباً . ويستمر الهضم في الأمعاء بمساعدة أنزيمات المعدة بالإضافة إلى العصارة البنكرياسية التي تحتوي جميع الأنزيمات الموجودة بالثدييات ما عدا غياب أنزيم اللاكتيز في الدجاج . الصفراء الناتجة من الكبد تصب في الإثنى عشر وتقوم أملاحها باستحلاب الدهون والمساعدة في امتصاصها . ويتم الامتصاص بالأمعاء الدقيقة بسرعة كبيرة . ودرجة حرارة جسم الطيور أعلى من الثدييات ودورة الغذاء فيها سريعة وهي ذات معدل تمثيل مرتفع وطلب زائد للطاقة التي يجب أن تتوافر من الامتصاص السريع للكربوئدرات بالأمعاء الدقيقة . ولذلك ففي الدواجن فإن الكربوئدرات والبروتين المأكول توجد بالدم الكبدي في صورة جليكوز وأحماض أمينية بعد حوالي ربع ساعة من تناول الغذاء .

وتمر المواد الغذائية غير المهضومة وخاصة السليلوز للأمعاء الغليظة التي تتكون من الأعورين والمستقيم . ويتم في الأعورين امتصاص الماء والتخمر البكتيري للسليلوز حيث يتم هضم نحو ١٧٪ من ألياف الذرة المجروشة و ٥٪ من ألياف القمح .



شكل ٧-١٩ : الجهاز الهضمي في الدجاج

(١) المرىء (٢) الحوصلة (٣) المعدة (٤) الكبد (٥) المرارة (٦)القونصة (٧) قناة البنكرياس (٨) قناة المرارة (٩) البنكرياس (١٠) الاثنى عشر (١١) الأمعاء الدقيقة (١٢)الأوردهالحشويه (١٣) الشرايين الحشوية (١٤) المستقيم (١٥) الشرج (١٦) الأعور

وبراز الطيور يخلط بالبول المركز الغني بحمض اليوريك في تجويف المجمع Cloaca حيث يخرج عن طريق فتحة الشرج Vent .

العوامل المؤثرة على هضم الغذاء

Factors affecting on digestibility

يمكن تلخيص أهم العوامل المؤثرة على هضم المواد الغذائية في : (١) تأثير الحيوان . (٢) تأثير النبات . (٣) تحضير الغذاء . (٤) تأثير البيئة . (٥) عوامل مؤثرة على هضم سليلوز المواد المالئة .

(أ) تأثــير الحيــوان Animal effect :

١ – نوع الحيوان : تختلف الحيوانات المجترة عن وحيدات المعدة في هضم الغذاء خاصة الألياف .

٢ – الاختلافات الفردية : معظم الحيوانات تختلف في قدرتها على هضم نفس الغذاء بحوالي ٤–٥٪ وقد تصل هذه النسبة في بعض الأفراد إلى ٢٥٪ .

٣ – العمــر : الحيوانات الصغيرة أو العجوزة أقل قدرة في هضم الغذاء . فالحيوانات الصغيرة لا تستطيع تناول وهضم الأغذية الغنية بالألياف حتى يحدث تطور لمعدتها . أما الحيوانات العجوزة فينشأ سوء الهضم من تلف الأسنان وفقد القدرة على مضغ الطعام . كما أن الحالة الصحية للحيوانات تؤثر على الهضم .

٤ – العمل : العمل الخفيف أو الرياضة يحسن الهضم في حين أن العمل الشاق يقلل من كفاءة الهضم .

(ب) تأثير البيئــة Environmental effect :

يتأثر الحيوان بالظروف البيئية المحيطة وخاصة درجات الحرارة . ولأن الحيوانات المختلفة لها درجات حرارة حرجة Critical عندها يبدأ الجهاز المنظم لحرارة الجسم في الاختلال وهذه الدرجات تختلف بين الحيوانات المختلفة وفي حالات الصيام عن التغذية (جدول ٧–٩) . وأقل من هذه الدرجات يفقد الحيوان سيطرته تنظيم درجات

الحرارة . ومن العوامل البيئية المؤثرة على الهضم أيضا إصابة الحيوان بالأمراض ودرجات الرطوبة والرعاية التي تتلقاها الحيوانات من القائمين عليها .

جدول ٧- ٩ : درجات الحرارة الحرجة لبعض حيوانات المزرعة (ف°)

الحيـــــــوان	في حـالة التغـــذية	عند صيام الحيـوان
الأبقـــار - الخيــل	٣٥	٥٥
الأغنـــــام	٢٠	-
الخنـــازير	٥٥ - ٦٠	٦٩
الدواجـــن	٣٥ - ٤٠	٥٨

(جـ) تأثـير النبـــات Plant effect :

١ - نوع النبات وجنسه يؤثر على هضم الغذاء فالحشائش البقولية أسهل هضماً عن النجيليات . كما أن أنواع البرسيم تختلف عن بعضها في الهضم وهو الأمر الذي يعزي لطرق الحصاد أو أنواع المخصبات المستخدمة .

٢ - مرحلة نضج النبات . الدريس المحضر من حشائش صغيرة السن أسهل هضماً من مثيلة المحضر من حشائش كبيرة السن . ونسبة البروتين والمحتوى المعدني والفيتامينات ومعامل الهضم تقل بتقدم عمر النبات .

٣ - خصوبة التربة تؤثر علي جودة النبات وعلى محصوله .

٤ - الحصاد وطرقه تؤثر علي الاستفادة من النبات حيث أن فقد الأوراق عند الحصاد أو حدوث تخمر لمحتواه أو فقد لونه كلها من العوامل التي تقلل من قيمة الدريس .

(د) تحضـــير الغـــذاء Preparation of feed :

١ - طحن الغذاء يجعل أجزاءه دقيقة وبذلك يزيد السطح المعرض للأنزيمات وبالتالي الاستفادة من الغذاء . غير أن الطحن الزائد لا يجعل الغذاء يمكث بالأمعاء وبالتالي يقل معدل الهضم . وطحن المواد المالئة يغير نسبة حمض الخليك إلى البروبيونيك الناتجة بالكرش كما يتضح في نقص نسبة دهن اللبن .

٢ - مستوى التغذية . زيادة مقدار الغذاء المأكول يقلل من الهضم . غير أن حيوانات التسمين واللبن والعمل يلزمها قدر أكبر من الغذاء لمقابلة إنتاجها .

٣ – الاتزان الغذائي . قد يؤدي وجود نسبة كبيرة من أحد مكونات الغذاء للتأثير على هضم المكونات الباقية فزيادة نسبة البروتين تزيد هدم الكربوئدرات المعقدة لتأثيرها المفيد على الكائنات الدقيقة . كذلك يجب أن تكون نسبة الكالسيوم بالغذاء متزنة مع بقية العناصر خاصة الفوسفات .

٤ – تأثير عمل مكعبات الغذاء Pelleting وهي تتم بتقطيع المواد المالئة وخلطها مع نسبة من المركزات وضغطها وكبسها في صورة مكعبات . وهذه العملية تقلل حجم الغذاء وبالتالي يستطيع الحيوان أن يأخذ احتياجاته دون مجهود كبير للمضغ والبلع . ولكن استعمال هذه المكعبات غالباً لا يؤدي لتحسين الهضم . ويمكن تلخيص ما يحدث عند تغذية المجترات على المكعبات في الآتي :

خفض وقت الأكل والمضغ ، إفراز لعاب أقل ، نقص الاجترار ، زيادة معدل التخمر بالكرش ، زيادة حموضة محتويات الكرش ، زيادة معدل مرور الغذاء من الكرش ، نقص نسبة الخلات إلى البروبيونات بالكرش ، زيادة كمية الأحماض الدهنية الطيارة بعد ٤ ساعات من التغذية ، زيادة المادة الجافة المأكولة ، نقص هضم المادة الجافة والألياف الخام ، وزيادة نعومة الغذاء المالىء قبل التصنيع تزيد من التأثيرات السابقة .

٥ – معاملة مخلفات المحاصيل لزيادة هضمها . معاملة مخلفات الحقل المنخفضة القيمة الغذائية مثل التبن وقوالح الذرة وعيدان القطن والقصب بعد العصر سواء بالترطيب أو التسخين أو الغلي أو البخار مع أو بدون ضغط أو تخميرها مع الخميرة أو بتحليلها باستعمال كيماويات قلوية مثل أيدروكسيد الصوديوم أو الكالسيوم أو أحماض مثل الأيدروكلوريك والكبريتيك أو أملاح مثل بيكربونات الصوديوم ويتبع ذلك غسل وتجفيف المخلفات وجد أن كل تلك المعاملات تزيد القيمة الغذائية وهضم هذه المواد .

٦ – تحسين المزاق Palatability : إضافة المولاس للغذاء يحسن طعمه ويزيد كمية الغذاء المأكول . ولكن القدر الزائد منه يخفض هضم السليلوز حيث أن الكميات الأقل أفضل لعمليات الهضم ولذلك يستحسن ألا تزيد نسبة المولاس المضافة عن ٧٪ .

٧ – توافر الماء والأملاح بالقدر الكافي تحسن عملية الهضم .

٨ – إضافة المضادات الحيوية لغذاء الحيوان تشجع عملية النمو وهو ما أعزى إلى : (أ) تثبيط البكتريا المفرزة للسموم . (ب) تقليل أعداد البكتريا الكلية بالأمعاء مما

يقلل التنافس بين العائل والكائنات الدقيقة على المواد الغذائية . (جـ) التثبيط الاختياري للبكتريا يسمح بزيادة نمو الكائنات الدقيقة الأخرى التي تخلق مواد ضرورية غير معروفة تشجع الهضم .

(هـ) عوامل مؤثرة على هضم سليلوز المواد المالئة :

١ - رماد محاصيل العلف يحسن هضم السليلوز وهو ما قد يرجع لوجود الكوبلت بالحشائش وهو ضروري لتخليق فيتامين ب ١٢ .

٢ - عدداً من المعادن يعتبر وجودها بكميات معينة ضروري للهضم المثالي للسليلوز وخاصة الكوبلت ، الفوسفات ، الكالسيوم ، الكلور ، المغنسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم والكبريت ومعادن أخرى .

٣ - البروتينات وبكميات أكبر من ١٥٪ من العليقة تشجع هضم السليلوز .

٤ - أنزيمات النبات عندما توجد في مادة التفاعل تحسن هضم السليلوز .

٥ - سائل الكرش له صفات تحسن هضم السليلوز .

٦ - عوامل أخرى مثل اليوريا ومستخلص الذرة والستلبسترول ومواد أخرى لوحظ أنها تفيد الكائنات الحية الدقيقة بالكرش والتي تقوم بهدم السليلوز .

الفصـل الثامــن

الاتــزان المــائي والإخــراج

Water Balance & Excretion

كمية الماء الموجودة بجسم الحيوان الذي يبلغ وزنه الخالي من الدهن ٧٠ كيلوجرام تكون نحو ٥٠ لتر . على أن هناك اختلافات واضحة في المحتوى المائي بالجسم تبعاً لنوع الحيوان وعمره وحالته الغذائية. ويتراوح مقدار الماء الكلي بالجسم ما بين ٧٠-٧٥٪ من وزن الجسم في الحيوانات المستأنسة ، هذه النسبة تزيد في الحيوانات حديثة الولادة وتقل بتقدم العمر . الحيوانات المسمنة تقل فيها نسبة الماء عن تلك غير المسمنة لأن الأنسجة الدهنية محتواها من الماء أقل عن تلك الخالية من الدهن . والحيوانات زائدة التسمين قد تحتوي كمية ماء تعادل نحو ٤٠٪ من وزن الجسم تقريباً .

ويمكن تقسيم سوائل الجسم إلى قسمين رئيسيين هما السائل داخل الخلايا Intracellular Fluid (ICF) والسائل خارج الخلايا Extracellular fluid (ECF) . السائل داخل الخلايا يشمل كل الماء الموجود داخل خلايا الجسم وهو يمثل أكبر قدر من ماء الجسم رغم أنه يوجد متجزأ إلى ملايين الأجزاء الصغيرة يمثلها خلايا الجسم . ويبلغ مقدار هذا الماء نحو ٥٠٪ من وزن الجسم . السائل خارج الخلايا يمثل كل الماء الموجود خارج خلايا الجسم ويبلغ قدره نحو ٢٠٪ من وزن الجسم . وهو يتجزأ إلى قسمين : الأول هو البلازما Plasma ومقدارها يبلغ نحو ٥٪ من وزن الجسم وتوجد داخل الأوعية الدموية والقسم الثاني هو سائل الأنسجة Interstitial fluid ويبلغ نحو ١٥٪ من وزن الجسم وهو يوجد بين خلايا الأنسجة وخارج النظام الوعائي .

رغم ذلك فإن البلازما تختلط باستمرار بالسائل بين الخلايا من خلال الثغور الدقيقة الموجودة في شعيرات الأوعية الدموية . الضغط الأسموزي الغروي ينجم عن وجود بروتينات البلازما التي تميل لاحتجاز الماء في الشعيرات الدموية .

سوائل الأنسجة الخاصة Transcellular fluid وهي عبارة عن جزء بسيط من السوائل التي توجد عادة خارج الخلايا رغم أنها تنفصل عن السائل خارج الخلايا الأساسي . وهي تشمل السائل المخي النخاعي ، السائل المفصلي ، سائل العين ، البول ، الماء الموجود بالقناة الهضمية وسوائل بعض الأغشية مثل غشاء البلورا والمسافات البريتونية .

تركيب سوائل الجسم Composition of body fluids :

تركيب سوائل الجسم موضح بجدول رقم ٨-١ . ومن هذا الجدول يتضح أن السائل خارج الخلايا يحتوي كمية كبيرة من الصوديوم والكلوريد والبيكربونات ولكن يحتوي كمية بسيطة من البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم ، الفوسفات ، الكبريتات وغيرها من الأحماض العضوية . أيضاً تحتوي البلازما بعض البروتينات في حين أن السائل بين الخلايا يحتوي كمية بسيطة جداً منها . ومن جهة أخرى فإن السوائل داخل الخلايا تحتوي كمية بسيطة من الصوديوم والكلوريد وخالية تقريباً من الكالسيوم ولكنها تحتوي كمية كبيرة من البوتاسيوم والفوسفات وكميات متوسطة من المغنسيوم والكبريتات وهي تحتوي أيضاً كمية كبيرة نسبياً من البروتين . ويحتفظ السائل داخل الخلايا بتركيبه ثابت عن طريق نظم اتزان خاصة تشمل أساساً غشاء الخلية .

جدول ٨-١ : تركيز المكونات ذات الاسموزية بالسوائل خارج وداخل الخلية
(مللي ازمول / لتر)

المكـــون	سائل خارج الخلايا		سائل داخل الخلية
	البلازمـا	بين الخلايا	
ص$^{+}$	١٤٤	١٣٧	١٠
بو$^{+}$	٥	٤ر٧	١٤١
كا$^{2+}$	٢ر٥	٢ر٤	صفر
مغ$^{2+}$	١ر٥	١ر٤	٣١
كل$^{-}$	١٠٧	١١٢ر٧	٤
يد ك أ$_{3}^{-}$	٢٧	٢٨ر٣	١٠
يد فو أ$_{4}^{-}$	٢	٢	١١
كب أ$_{4}^{-}$	ر٥	ر٥	١
جليكـــوز	٥ر٦	٥ر٦	–
بروتين	١ر٢	ر٢	٤
يوريا	٤	٤	٤
أحماض أمينية	٢	٢	٨
لاكتـات	١ر٢	١ر٢	١ر٥

تقدير حجم سوائل الجسم Measurement of body fluids volume :

يمكن تقدير حجم الماء الكلي بالجسم ، حجم السائل خارج الخلايا وحجم البلازما ومن هذه القيم يمكن حساب مقدار السائل داخل الخلايا وذلك عن طريق المعادلات التالية :

حجم السائل داخل الخلايا = حجم الماء الكلي – حجم الماء خارج الخلايا

حجم السائل بين الخلايا = حجم السائل خارج الخلايا – حجم البلازما

وتعتمد طرق تقدير حجم سوائل الجسم على مقدار التخفيف الحادث لوزن معين من مادة تحقن بالجسم Dilution technique . حيث تختار مواد تتوزع بانتظام في الأجزاء التي تشغلها السوائل . وتحقن كمية معينة منها في الحيوان وتترك فترة معينة لضمان توزيع المادة المحقونة في الحيز المعين . وتؤخذ عينة من البلازما ويقدر فيها تركيز المادة المحقونة ومنها يحسب حجم السائل الموجود في الحيز المعين . حيث يكون حجم السائل في الحيز =

$$\frac{\text{كمية المادة المحقونة (مجم)}}{\text{تركيز المادة بالبلازما (مجم / مل)}}$$

وهذه الطريقة تعطي قيم دقيقة في حالة ما إذا كانت المادة المحقونة لا تمثل أو تخرج بسرعة من الجسم وإذا حدث هذا فيجب عمل تصحيح للفقد الحادث خلال فترة التوزيع .

كمية الماء الكلية بالجسم يمكن تقديرها باستخدام مواد تتوزع بانتظام في جميع أجزاء الجسم بما فيها داخل الخلايا . ويتم ذلك باستخدام الماء المعلم المشع Tritiated water ($^3H_20$) وكذلك الماء الثقيل Deuterated water ($^2H_20$) . وكذلك يمكن استخدام مواد أخرى غير مشعة مثل الانتى بيرين Antipyrine واليوريا .

السائل خارج الخلايا يقدر باستخدام مواد يمكن أن تمر خلال ثغور الاوعية الدقيقة وخلال المسافات بين الخلايا ولكن لا تمر لداخل الخلايا وهذه تشمل مواد مثل الأنيولين Inulin ، السكروز ، الكبريتات والثيوسيانات .

حجم البلازما يمكن أن يقدر باستعمال المواد التي تحتجز داخل النظام الوعائي ولا تمر للمسافات بين الخلايا من خلال الثغور الوعائية . ومن هذه المواد صبغة إيفان الزرقاء Evans blue حيث تدمص على بروتينات البلازما .

حركة سوائل الجسم وتوازن الضغط الأسموزي Fluids movement :

يحافظ الجسم على قدر معلوم من السوائل داخل أعضاؤه . ويوازن بين حجم السائل الموجود خارج وداخل الخلايا . هذا التنظيم يعتمد على الاسموزية والتي تعمل على انتقال السوائل بين المسافات داخل وخارج الخلايا .

غشاء الخلية شبه منفذ فهو يسمح بنفاذ الماء وبعض المواد الذائبة فيه . الاسموزية Osmosis تحدث عندما يزيد تركيز هذه المواد الذائبة على أحد جوانب غشاء الخلية عن الجانب الآخر ويمر الماء خلال غشاء الخلية للجانب الذي يزيد فيه تركيز المواد الذائبة . منحني الضغط الذي يتولد في الاتجاه المضاد ليوازن اسموزية جزيئات الماء عبر غشاء الخلية هو عبارة عن الضغط الاسموزي للمحلول Osmotic pressure . وهذا يتناسب مباشرة مع تركيز جزيئات المادة غير القابلة للنفاذ بصرف النظر عن حجم هذه الجزيئات (الوزن الجزيئي النسبي) .

التوازن النسبي الاسموزي يمكن الوصول إليه بسرعة بين السوائل خارج وداخل الخلية . ولذلك عندما توضع خلية في محلول يحتوي على ضغط اسموزي منخفض عما هو في داخل الخلية ، مباشرة تنشأ الاسموزية ، ويتحرك الماء من السائل خارج الخلايا عبر غشاء الخلية ليخفف السائل داخل الخلية وتصبح الخلية منتفخة . وفي هذه الحالة فإن السائل خارج الخلية يكون منخفض التركيز Hypotonic بالمقارنة مع السائل داخل الخلية . وتقف الزيادة في الاسموزية عندما يتعادل تركيز السائل داخل الخلية مع خارجها . وبالعكس فعندما توضع الخلية في محلول عالي التركيز أي يكون فيه تركيز المواد أكبر عما بداخل الخلية فإن الماء سيتحرك بفعل الاسموزية للخارج مؤدياً لتخفيف السائل الخارج الخلية . وفي هذه الحالة فإن الخلية ستنكمش حتى يتعادل تركيز السائلين . وفي هذه الحالة فإن السائل خارج الخلية يكون عالي التركيز Hypertonic بالنسبة للسائل داخل الخلية .

المحلول متعادل التركيز Isotonic هو الذي فيه يكون تركيز المواد داخل وخارج الخلية متساوي . وخلايا الجسم توجد في محلول متعادل فلا تنكمش ولا تنتفخ . ويعتبر المحلول المحتوى على كلوريد الصوديوم بتركيز ٩ر٪ وجلوكوز بتركيز ٥٪ متعادل بالنسبة للخلايا الحيوانية .

وعندما يشرب الماء ويمتص من الأمعاء للدم فإن السائل خارج الخلايا يتخفف ويصبح ناقص التركيز مقارناً بالسائل داخل الخلايا . ويبدأ عمل اسموزيه الماء مباشرة فتمر كمية كبيرة من الماء للخلايا حيث تستعمل في تمثيل الخلية . ويتوزع الماء بحرية

بين السوائل الموجودة في المسافات خارج وداخل الخلية في خلال عدة دقائق .

تنظيم تركيب وحجم سوائل الجسم Regulation of body fluids volume :

تنظيم تركيب وحجم سوائل الجسم يعتمد على ثلاثة عوامل رئيسية هي : (١) تركيز الأكترولِيتات المختلفة . (٢) الضغط الاسموزي لسوائل الجسم و (٣) حجم السوائل خارج الخلية . والعطش عملية تساعد في تنظيم عملية الشرب التي توازن بين الاستخدام التمثيلي للماء والإخراج عن طريق الكلية والعرق .

تنظيم تركيز الألكتروليتات في السائل خارج الخلايا : الألكتروليتات توجد في صورة أيونات موجبة (كاتيونات) وفي صورة أيونات سالبة (انيونات) وأهم الكاتوينات في السائل خارج الخلية هي الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم والمغنسيوم في حين أن أهم الانيونات هي الكلوريد ، البيكربونات والفوسفات . والكاتيونات بصفة خاصة تحتاج لتنظيم خاص لأن التغير فيها يؤدي لحدوث تغيرات كبيرة في وظائف الجسم . ولكن تركيز الأنيونات عموماً ينظم ثانوياً بالنسبة للكاتيونات .

وتمثل أيونات الصوديوم نحو ٩٠٪ من مقدار الكاتيونات خارج الخلية (جدول ٨-١) وتنظيم تركيز الصوديوم بالسائل خارج الخلية هو من وظائف الكلية وقشرة الأدرينال والقلب . فايونات الصوديوم يعاد امتصاصها بطريقة الامتصاص النشط غالباً في الجزء الأول من القنيات الملتفة بالكلية . ويعاد امتصاص كميات محدودة من الصوديوم في الأجزاء الطرفية من القنيات البولية وينظمها أساساً تركيز الألدوستيرون وعامل القلب المخرج للصوديوم (ANF) بسوائل الجسم .

الألدوستيرون Aldosterone عبارة عن هرمون استيرويدي يفرز من قشرة الأدرينال ويعمل أساساً على القنيات البولية لزيادة معدل إعادة امتصاص كل أيونات الصوديوم تقريباً والتي تصل لهذه المنطقة . أما عامل القلب المخرج للصوديوم Atrial natriuretic factor (ANF) فهو عديد ببتيد يفرز من القلب استجابة لزيادة حجم الدم أو اسموزيته ويشجع إخراج الماء والصوديوم من الكلية . وفي غياب الألدوستيرون أو زيادة عامل القلب المخرج للصوديوم فإن أيونات الصوديوم التي تصل إلى القنيات البولية الطرفية تمر للبول . وعادة فإن كمية بسيطة من الألدوستيرون تفرز بانتظام ولكن معدل إفرازه يزيد كثيراً عند وجود واحد من المنبهات التالية : (١) نقص تركيز الصوديوم بالسائل داخل الخلية ، (٢) زيادة تركيز البوتاسيوم بالسائل خارج ، (٣) نقص ضغط الدم الشرياني و (٤) إجهاد طبيعي مثل الحروق وتلف الأنسجة وغيره .

تنظيم تركيز أيونات البوتاسيوم التي تعتبر الكاتيون الرئيسي بالسائل داخل الخلايا يقع أيضاً تحت سيطرة الألدوستيرون . فرغم أن التركيز العالي من أيونات البوتاسيوم بداخل الخلايا ينبه إفراز الألدوستيرون ، فالألدوستيرون يسمح بإفراز أيونات البوتاسيوم في القنيات الطرفية . التنظيم الكلوي للبوتاسيوم معقد جداً ويشمل تبادل أيونات البوتاسيوم بالصوديوم أو بأيونات الأيدروجين ويتأثر بتركيز أيونات الصوديوم والأيدروجين بالسائل خارج الخلايا .

نفس نظم التحكم التي تشجع إعادة امتصاص الكاتيونات تشجع أيضاً امتصاص الأنيونات لتوازن الشحنة الكهربائية عبر غشاء الخلية . كذلك فالألدوسيترون يشجع إعادة امتصاص الكلوريد ثانوياً بالنسبة لتأثيره على إعادة امتصاص الصوديوم .

تنظيم حجم سوائل الجسم : رغم أن الماء يفقد باستمرار من الجسم فإن كمية الماء الكلية بالجسم لا تتغير قيمتها كثيراً . وهذا يعني أن معدل الفقد يعادل تقريباً معدل دخول الماء للجسم . ويوضح الجدول التالي ميزان الماء لأبقار فريزيان تتغذى على الدريس (جدول ٨-٢).والطرق التي يفقد بها الماء من الجسم تشمل : (١) البول ، (٢) الفقد غير المحسوس خلال الجلد والقناة الهضمية ، (٣) العرق واللهاث في الطقس الحار (٤) الفقد/خلال الروث و (٥) يفقد الماء في اللبن في الحيوانات الحلابة .

ويحصل الحيوان على الماء من عدة مصادر مثل الشراب ، الماء الموجود بالطعام وماء الأكسدة أو الماء الميتابلزمي Metabolic water الناجم عن الأكسدة الخلوية لأيدروجين الطعام . ويمثل الماء المتناول عن طريق الشراب أو الطعام والماء المفقود بالبول أهم طرق تنظيم مقدار الماء الكلي بالجسم (جدول ٨-٢). وفي الماشية المحرومة من الماء يساهم التنظيم عن طريق تقليل الفقد بالروث في المحافظة على ماء الجسم . وعند تعطيش المجترات يقل فقد اليوريا بالبول وتعاد دورة اليوريا.وتنظيم فقد اليوريا هام خاصة في الجمال .

جدول ٨-٢ : ميزان الماء اليومي (كجم) لأبقار فريزيان تغذى على الدريس

الميـــزان	أبقار جافة	أبقار حلابة
الماء الداخل :		
ماء شرب	٢٦	٥١
ماء الطعام	١	٢
ماء ميتا بلزمي	٢	٣
الجملة	٢٩	٥٦
الماء الخارج :		
ماء الروث	١٢	١٩
ماء البول	٧	١١
ماء البخر	١٠	١٤
ماء اللبن	-	١٢
الجملة	٢٩	٥٦

العطش وتناول الماء :

يمكن تعريف العطش Thirst بأنه الشعور بالرغبة في شرب الماء . وهو يعتبر المنظم الأول لتناول الماء . ومراكز الشعور بالعطش تقع في وسط تحت المهاد بالدماغ . والتنبيه الكهربائي لهذه المنطقة يدفع الحيوان لشرب الماء . ونفس التأثير لوحظ عند حقن ماء ملحي عالي التركيز في هذه المنطقة . وهذا يفترض أن مركز العطش ربما يكون حساس للضغط الأسموزي للدم الذي يرد لخلاياه . والبلازما ذات الضغط الأسموزي المرتفع تدفع الماء للتحرك لخارج الخلايا .

وعندما يحرم الحيوان من الماء يزيد الضغط الأسموزي للبلازما وهذا ينجم عنه الاحساس بالعطش ونقص إفراز اللعاب . جفاف الحلق والفم يعطي الحيوان الرغبة في الشرب . وعندما يصبح الماء متوافراً ، فإن الحيوان العطشان يشرب الماء بكمية تكفي لمعادلة الماء المفقود . والماء المتناول يتوزع مباشرة بين السوائل خارج وداخل الخلية ويقل الضغط الأسموزي للبلازما .

الحرمـان من الأمـلاح :

حجم السائل خارج الخلايا يتأثر بطريقة مباشرة بتركيز الصوديوم بالجسم . وهذا يرجع لحقيقة أن كمية محسوسة من الماء تمتص سلبياً برفقة أيونات الصوديوم عند إعادة امتصاص الصوديوم في القنيات الكلوية . والنتيجة أن نقص كلوريد الصوديوم في غذاء الحيوانات لعدة أيام يؤدي إلى نقص بسيط في السائل خارج الخلايا لأن تركيز أيونات الصوديوم في راشح جمعات الكلية سيكون قليلاً . والعكس فإن السائل خارج الخلايا يزيد حجمه قليلاً عندما يتناول الحيوان كمية كبيرة من الملح العادي يومياً لعدة أيام .

إخراج الماء بواسطة الكلية :

تنظيم فقد الماء خلال البول يقع تحت تأثير هرمونى المضاد للتبول ADH والمخرج للصوديوم ANF . فالهرمون المضاد للتبول يشجع إعادة امتصاص الماء في حين أن هرمون القلب المخرج للصوديوم ANF يشجع إخراج الماء في الأنابيب البولية بالجزء الطرفي من الأنابيب الملتفة والقنوات المجمعة بالوحدات البولية الكلوية .

وعند العطش يقل حجم الدم ويزيد الضغط الاسموزي للبلازما ، وهذا ينبه المستقبلات الاسموزية بمنطقة تحت المهاد بالدماغ فتفرز الهرمون المضاد للتبول . كما أن نقص حجم البلازما يؤدي لنقص إفراز الهرمون المخرج للصوديوم ANF وهو الأمر الذي يشجع إفراز الهرمون المضاد للتبول الذي يعمل على الوحدات البولية فيشجع إعادة امتصاص الماء . ويصبح البول مركزاً ويقل فقد الماء . زيادة كمية الماء المعاد امتصاصها بالوحدات البولية ستخفف سوائل الجسم مما يعمل على عودة الضغط الاسموزي للبلازما لمستواه العادي .

زيادة كمية الماء المتناولة تؤدي لنقص الضغط الاسموزي للبلازما لزيادة حجم الماء مما يعمل على انقطاع تنبيه مستقبلات الاسموزية ويزيد إفراز الهرمون المخرج للصوديوم ANF ويقل إفراز الهرمون المضاد للتبول مما يؤدي لقلة إعادة امتصاص الماء بالكلية ويصبح البول غزيراً مخففاً .

الاتزان الحامضي القاعدي Acid-base balance :

يعتبر تركيز الأيدروجين بالسائل خارج الخلايا واحد من أهم العوامل المنظمة بالجسم . الحدود الحيوية لتغيرات قيم الأس الأيدروجيني pH غالباً ما تقع في المدى ٧-٨ر٧ . والمدى الطبيعي لقيمة pH الدم الشرياني تكون ٣٦ر٧-٤٤ر٧ بمتوسط قدره ٤ر٧٠ والثبات النسبي لتركيز أيونات الأيدروجين بالسائل خارج الخلايا (H^+)- ECF

هو نتيجة للتوازن بين الأحماض والقواعد . الأحماض عبارة عن المواد التي تميل لإعطاء أيونات أيدروجين (مثل البروتينات) للمحلول في حين أن القواعد عبارة عن المواد التي تميل لقبول أو ربط أيونات أيدروجين من المحلول . هذا التوازن يضطرب عندإضافة أحماض أو قواعد أو سحبهما من سوائل الجسم . وانخفاض قيمة pH الدم لأقل من الطبيعي تعرف بالحموضة Acidemia في حين أن زيادة القيمة عن الطبيعي تعرف بالقلوية Alkalemia .

وتحت الظروف الطبيعية فإن الأحماض والقواعد تضاف لسوائل الجسم باستمرار سواء بسبب تناولهم من الخارج أو نتيجة لإنتاجهم من تمثيل الخلايا . وفي بعض الأمراض كما في حالات عدم كفاية التنفس ، الترجيع ، الإسهال والفشل الكلوي ربما يحدث فقد أو زيادة كمية من الحامض أو القاعدة . ولمقاومة هذه الاضطرابات فإن الجسم يستخدم ثلاثة طرق رئيسية : (١) التنظيم الكيماوي ، (٢) التنظيم التنفسي لتركيز حمض الكربونيك بالدم و (٣) إخراج أيونات الأيدروجين (H^+) أو البيكربونات (HCo_3) بواسطة الكلية . والتنظيم الكيماوي والتنفسي يعملا خلال دقائق لمنع التغيرات الكبيرة في الأيدروجين (H^+) . وإذا تضمن التغير الأحماض غير الطيارة أو القواعد فإن الإخراج البولي لأيونات الأيدروجين أو أيونات البيكربونات يبدأ فوراً . ولكن الاستعادة الكاملة للتوازن الحامضي القاعدي قد يحتاج لعدة ساعات أو عدة أيام .

وأهم وسائل التنظيم الكيماوي هي المنظمات الكيماوية Chemical buffers والتي توجد بالدم مثل البيكربونات ، بروتين البلازما ، الفوسفات والهيموجلوبين . وتعتبر البيكربونات والهيموجلوبين أكثر أهمية . فعند إضافة حامض قوي للدم فإن نحو ٥٣٪ من الفعل المنظم يرجع للبيكربونات ، ٣٥٪ يرجع للهيموجلوبين ، ٧٪ لبروتينات البلازما و ٥٪ للفوسفات . وعندما يضاف حامض أو قاعدة للدم تحدث التفاعلات التالية :

$$H_2Co_3 \rightleftharpoons H^+ + HCo_3^-$$
$$H_2Po_4 \rightleftharpoons H^+ + HPo_4^{2-}$$
$$HHb \rightleftharpoons H^+ + Hb^-$$
$$Hpr \rightleftharpoons H^+ + Pr^-$$

أما التنظيم التنفسي Respiratory adjustment فإنه يعتمد أساساً على حساسية التحكم في سرعة التنفس للتغير في ضغط ثاني أكسيد الكربون وحموضة الدم . والزيادة في ثاني أكسيد الكربون أو زيادة الحموضة تشجع التنفس وبالتالي الإخراج السريع لثاني أكسيد الكربون . هذه الوسيلة من التنظيم تلي أهمية المنظمات الكيماوية في العمل على ثبات

قيمة الأس الأيدروجيني للدم .

إخراج أيونات الأيدروجين والبيكربونات بواسطة الكلية يحدث عند التغيرات الكبيرة في pH الدم . وإخراج أيونات الأيدروجين (H^+) مثلاً عند زيادة حموضة الدم يتم عن الطريق التالي : ك أ٢ + يد ٢ أ ⇌ يد ٢ ك أ٣ ⇌ يد+ + يد ك أ٣-

وذلك في القنوات البولية . وتكوين حمض الكربونيك يكفله وجود تركيز عالي من أنزيم الكربونيك انهيدراز . وفي الجزء الأخير من القنيات يتم إخراج أيونات الأيدروجين في حين يعاد امتصاص أيونات الصوديوم (ص+) . أيونات البيكربونات (يد ك أ٣-) الناتجة ترجع إلى الدم (شكل ٨-١) . ورغم ذلك فلقد ثبت أن مصدر أيونات الأيدروجين ليس حمض الكربونيك ولكنه التفاعلات التي ينجم عنها أيون أيدروكسيل (oH^-) لكل أيون أيدروجين يفرز . أيون الأيدروكسيل القاعدي الناتج سيتم معادلته بواسطة أيون أيدروجين ناتج من حمض الكربونيك . غير أن المحصلة في النهاية واحدة وهي أن أيون الأيدروجين (H^+) سيخرج في حين أن أيون البكربونات سيضاف للدم .

شكل ٨-١ : إفراز أيونات الأيدروجين بواسطة خلايا القنيات البولية . (عن خير الدين ووليد) (- نقل نشط ، .... انتشار)

(١) الشعيرات الدموية (٢) خلية القنية البولية (٣) تجويف القنية البولية

الجهـاز البـولي Urinary system

تمثل الكلية والرئة والجلد والأمعاء الأعضاء التي يتخلص الجسم بفضلاته من خلالها . والكلية جزء من الجهاز البولي urinary system الذي يتكون من كليتين ، حالبين ، مثانة ومجرى بولي (شكل ٨-٢) . وتعتبر الكلية Kidney من أهم أعضاء الإخراج في الثدييات حيث تخرج البول الذى يحمل بقايا عملية التمثيل . وتقوم الكلية بوظيفتين إخراجيتين هامتين هما : (١) إزاحة الفضلات النيتروجينية الناتجة من تمثيل البروتين مثل اليوريا . (٢) تنظيم الاتزان الحامضي – القاعدي بالجسم بواسطة استبعاد كمية محدودة من الماء . والكلية أيضاً تقوم بوظائف غير إخراجية مثل استعادة بعض المشتقات المفيدة التي ترشح من خلالها . حيث أن الدم بالجسم يحمل المواد الغذائية والماء والفضلات إلى الكلية والتي تستطيع ترشيح واستبعاد بعض هذه المكونات وأيضاً تستطيع إعادة امتصاص المفيد منها .

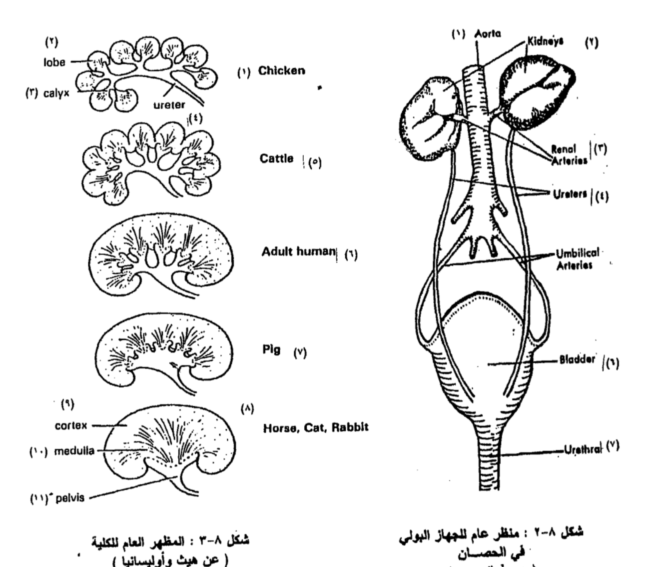
التركيب التشريحي للكلية Anatomy of the kidney :

موقع الكلية ومظهرها في جميع الثدييات متشابه حيث يوجد زوج من الكلى تقع على يمين ويسار الجدار الظهري للتجويف البطني (شكل ٨-٢) ويبلغ وزن الكلية ما يقرب من ٧٠٠ جم في الأبقار والخيل ونحو ١٥٠ جم في الأغنام . وفي الطيور تتركب الكلية من أجزاء أو فصوص ، غير أنه في بعض الثدييات قد تبدوا الكلية شبه مفصصة كما في الحيوانات المجترة الكبيرة في حين أنه في الحيوانات الأخرى فيبدو مظهرها مفصصاً ظاهرياً أو ناعماً (شكل ٨-٣) .

وإذا قطعت الكلية طولياً يظهر فيها جزئين (شكل ٨-٣،٤) . ففي الكلية ذات الفص الواحد – وحيدة الأهرام (كما في الأرنب – القط – الخيل) فإن الجزء الخارجي يسمى القشرة Cortex ويظهر لونه خفيفاً عن الجزء الداخلي أو النخاع Medulla . وفي الثدييات الأخرى والطيور فإن كل فص يقسم إلى قشرة ونخاع – متعددة الأهرام . والتفصيص يعكس التطور الجنيني . ومظهر القشرة والنخاع هو نتيجة لترتيب الوحدات الفعالة المسماة بالوحدات البولية للكلية Uriniferous tubules .

وأول أجزاء الممر البولي هو حوض الكلية Pelvis وهو ملاصق لمنطقة السرة Hilus **بالكلية . وحوض الكلية يكون بسيطاً في الكلية وحيدة الفص ومتشعب في الكلية المجزأة .**

ترتيب الممرات الإخراجية الأخرى كالحالبين Ureters ، المثانة Bladder والمجرى البولي Urethra تختلف في الأنواع المختلفة (شكل ٨-٥) ففي الطيور فإن المجرى البولي يفرغ في المجمع Cloaca . غير أنه في الثدييات فإن الحالبين يحملا البول للمثانة حيث يحفظ . يدخل الحالب عبر جدار المثانة بانحناء حيث يكون صمام يمنع رجوع البول . وعند التبول يمر البول من المثانة للخارج خلال المجرى البولي .



شكل ٨-٣ : المظهر العام للكلية
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) الدواجن (٢)فص (٣) كأس (٤) الحالب (٥) الماشية (٦) الانسان
(٧) الخنازير (٨) الحصان - القط والأرنب (٩) قشرة (١٠) نخاع (١١) حوض

شكل ٨-٢ : منظر عام للجهاز البولي في الحصـــان
(عن فراندسون)

(١) الأورطى (٢) الكليتين (٣) الشرايين الكلوية (٤)الحالب
(٥) الشرايين السرية (٦) المثانة (٧) المجرى البولي

التمويل الدموي للكلية :

يصل كلية الفقاريات الدنيا والطيور تمويلين مختلفين للدم . واحد هو النظام البابي Portal system ويغذي الدم اللازم لمنطقة الوحدات البولية . والثاني هو شريان كلوي Renal artery من الأورطي ويمرر الدم للترشيح وتكوين البول . وفي الثدييات فإن النظام البابي الكلوي يضمحل خلال المرحلة الجنينية تاركاً الشريان الكلوي ليقوم بكلا الوظيفتين (شكل ٨-٢) . الشريان الكلوي يحمل نحو ٢٥٪ من الدم المدفوع بواسطة القلب . الدم الذي يترشح خلال القنيات البولية والدم الذي يغذي الأنسجة البينية المحيطة بالقنيات يعود في النهاية إلى الوريد الأجوف السفلي بواسطة الوريد الكلوي Renal Vein .

القنيات البولية Uriniferous tubule :

القنية البولية تتكون من الأنبوبة البولية Nephron والقناة المجمعة Collecting duct . وتحتوي الكلية الواحدة ما يقرب من مليون وحدة . ويصل طول الأنبوبة البولية نحو ٥٥ مم . وتتكون الأنبوبة من عدة مناطق متميزة (شكل ٨-٤) هي كالآتي :

١ – الحوصلة البولية Renal corpuscle التي تتكون من الحزمة الوعائية Glomerulus وحوصلة بومان Bowmans capsule .
٢ – القنية القريبة Proximal tubule بأجزائها المتعرجة والمستقيمة .
٣ – القنية الوسطى Intermediate tubule أوخية هنل Loop of Henle بأجزائها النازلة والصاعدة .
٤ – القنية الطرفية أو البعيدة Distal tubule بأجزائها المستقيمة والمتعرجة .

الحزمة الوعائية Glomerulus عبارة عن مرقد وعائي متفرع ومتشعب وملتف يبدأ من الشريان الوارد Afferent arteriole ويتجمع الدم منه ليخرج في الشريان الصادر Efferent arteriole . وتغلف هذه الحزمة الوعائية بواسطة نهاية منبعجة لقنية مسدودة تسمى حوصلة بومان Bowmans capsule (شكل ٨-٤) . العلاقة بين الحزمة الوعائية وحوصلة بومان علاقة معقدة . فانبعاج الأنبوبة المسدودة يسمح بوجود طبقتين من الخلايا الطلائية . الطبقة الجدارية وهي عبارة عن طبقة خلايا بسيطة تمثل استمراراً للجزء الباقي من القنية . والطبقة الداخلية التي تتكون من خلايا متحورة تسمى الخلايا الجيبية Podocytes التي تلتصق وتجاوز شعيرات الحزمة الوعائية .

الأنبوبة البولية Nephrone تمتد من حوصلة بومان كجزء متعرج في المنطقة القريبة

من الحوصلة متبوعة بجزء مستقيم وكلاهما جداره يتكون من خلايا طلائية مكعبة بسيطة . القطاعات العرضية والطولية للقنية الملتفة القريبة Poximal convoluted tubule تضم معظم عناصر القطاعات الهستولوجية لمنطقة قشرة الكلية . وخلايا القنيات الملتفة القريبة تحتوي عدد كبير من الميتوكوندريا وسطحها القريب من تجويف القنية يوجد عليه عدد من الخملات الدقيقة تشاهد تحت الميكروسكوب كحافة فرشة . وهناك انبعاجات قاعدية في غشاء الخلية مع وجود عدد كبير من الميثوكوندريا محازية للانبعاجات وهي صفات تتميز بها الخلايا المرتبطة بعملية نقل الأيونات .

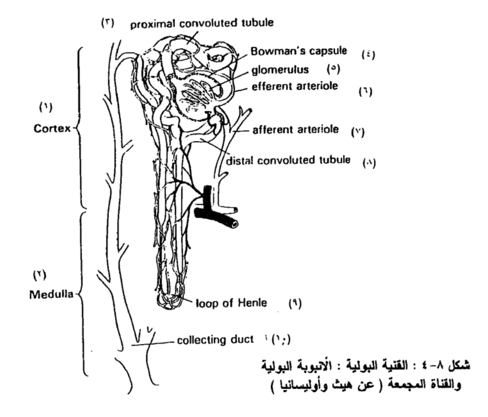
الجزء المستقيم من القنية البولية القريبة يستمر مع الجزء المتوسط المسمى بخية هنل . الجزء النازل من خية هنل جداره رقيق ويغلف بخلايا طلائية منبسطة . أما الجزء الصاعد فتغلفة خلايا طلائية اسمك تشبه كثيراً تلك الموجودة في القنيات الملتفة البعيدة والتي تمثل استمرار لها .

القنية الملتفة البعيدة Distal convoluted tubule يغلفها خلايا طلائية مكعبة تختلف عن تلك الموجودة في القنية الملتفة القريبة في أنها أصغر ولا تحتوي على حافة تشبه الفرشة . القنية الملتفة البعيدة ملتوية وعند أحد النقط التي تسمى البقعة المكدسة Macula densa تلتصق مع الأوعية الشريانية للحزمة . وهذه المنطقة ذات أهمية في التنظيم الهرموني لوظائف الكلية . وتصب القنية الملتفة البعيدة في القنوات المجمعة Collecting ducts التي تصب فيها عدد كبير من الوحدات البولية .

ومن المهم ملاحظة أن القنيات البولية تنتظم في الكلية في شكل معين وهو ما يميز القشرة عن النخاع (شكل ٨-٤) . فالقشرة تضم الحزم الوعائية والجزء الملتف القريب والبعيد في حين أن نخاع الكلية يضم فقط الجزء المتوسط والأنابيب المجمعة .

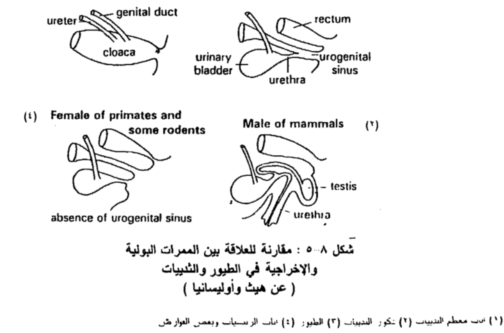
الحالب والمثانة ومجرى البول Ureters, Bladder and Urethra :

الحالب Ureter عبارة عن أنبوبة عضلية تمر من حوض الكلية للأسفل حيث تفتح في المثانة في وضع مائل مما يشكل ما يشبه الصمام الذي يمنع رجوع البول للحالب ثانية عند انقباض المثانة (شكل ٨-٥) . أما المثانة Bladder فعبارة عن كيس عضلي يختلف حجمه حسب كمية البول التي تحويه . فالمثانة الخالية المنقبضة تكون بيضية الشكل وجدارها سميك وموقعها فوق أرضية الحوض . ومع امتلاء المثانة ترق جدرها وتتمدد في اتجاه التجويف البطني . وفي الطرف السفلي للمثانة وعند العنق توجد فتحة مجرى البول التي يحيط بها صمام من العضلات العاصرة تنظم مرور البول . ويبطن



شكل ٨- ٤ : القنية البولية : الأنبوبة البولية
والقناة المجمعة (عن هيث وأوليسانيا)

(١) القشرة (٢) النخاع (٣) القنية الملتفة البعيده (٤) حوصله بومان (٥) الحزمه الوعائيه (٦) شريان صادر (٧) شريان وارد (٨) القنية الملتفة
(٩) خيه هنل (١٠) قناة مجمعه



شكل ٨-٥ : مقارنة للعلاقة بين الممرات البولية
والإخراجية في الطيور والثدييات
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) أنثى معظم الثدييات (٢) ذكور الثدييات (٣) الطيور (٤) اناث الرئيسيات وبعض العوارض

حوض الكلية والحالب والمثانة ومجرى البول غشاء طلائي انتقالي Transitional epithelium يساعد في اتساع وضيق مجرى هذه الأعضاء حسب الحاجة . وخلف هذا الغشاء يوجد غشاء ضام يحوي ألياف العضلات الناعمة . وتتميز المثانة باحتواء جدرها على ٣ طبقات من العضلات . طبقة العضلات الداخلية تكون طولية والوسطى دائرية والخارجية طولية .

ميكانيكية تكوين البول Mechanism of urine formation :

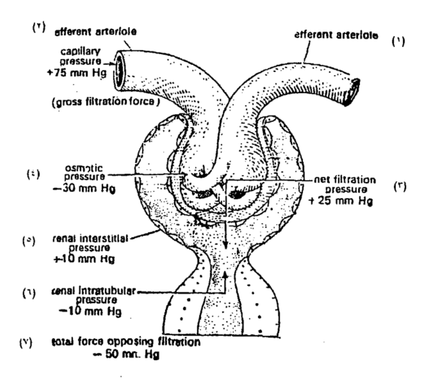
يتم تكوين البول في الوحدات البولية في عدة مراحل تشمل :

١ – الترشيح بالحزم الوعائية Glomular filtraton :

يجري ترشيح البول أساساً في الحزم الوعائية التي فيها يحدث تفريع للشعيرات الشريانية الداخلة في صورة مراقد وعائية تتجمع مرة أخرى في صورة شعيرات خارجة قطرها أقل من قطر الشعيرات الداخلة . الضغط العالي في هذا النظام الوعائي (+ ٧٥ مم زئبق) يدفع حجم كبير من السائل والمواد الذائبة خلال الجدر المنفذة للشعيرات إلى الحوصلة البولية . كما أن الضغط الاسموزي للمواد الموجودة على جانبي الأغشية المنفذة يساعد على مرور السوائل والمواد الذائبة من الدم للحوصلة (شكل ٨–٦) . الراشح الناتج من الحزم الوعائية يشبه بلازما الدم ماعدا معظم مكوناتها البروتينية . ويومياً يتم ترشيح نحو ١٨٠ لتر من السوائل خلال حويصلات بومان (٤٥ جالون) ولكن ينتج فقط نحو ١–٥ر١ لتر بول في اليوم .

٢ – إعادة الامتصاص Reabsorption :

نظراً لخلو راشح الحزم الوعائية من بروتينات الدم فإن ضغطه الاسموزي يكون منخفضاً عن الدم (شكل ٨–٧) ولذلك فخلال مروره بالقنيات يحدث إعادة لامتصاص بعض مكونات الراشح . وبمجرد أن يعبر الراشح القنية القريبة فإن بعض المكونات يكون قد تم امتصاصها تقريباً بواسطة النقل النشط . وهذه تشمل الجلوكوز ، الأحماض الأمينية ، البيروفات ، اللاكتات وحمض الاسكوربيك . ونحو ٩٠٪ من الصوديوم الموجود بالراشح يعاد امتصاصه بطريقة مضخة الصوديوم . خروج الصوديوم لوحده سوف يترك شحنة سالبة زائدة بداخل القنية ولكن هذا يتم تجنبه بمرور أيونات الكلوريد مروراً سلبياً بمصاحبة أيونات الصوديوم . وجود هذه الأيونات يزيد الضغط الاسموزي في الخارج ولذلك يغادر الماء القنيات . وبهذه الطريقة فإن نحو ٩٠٪ من ماء الراشح



شكل ٨-٦ : الوحدة البولية بالكلية ويظهر تغير الضغوط وما ينجم عنه من تكوين راشح البول على ضغط ٢٥ مم زئبق (عن فيرما وآخرون)

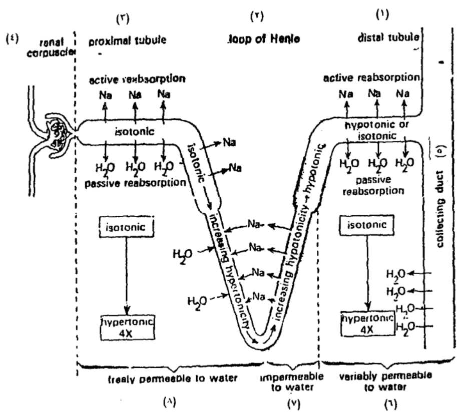
(١) شريان صادر (٢) شريان وارد (٣) ضغط الترشيح (٤) الضغط الاسموزى (٥)ضغط الأنسجة البينية (٦) ضغط داخل القنيات (٧) مجموع القوة المضادة للترشيح

يزاح بواسطة إعادة الامتصاص الإجبارية للمكونات متعادلة الاسموزية .

اليوريا تتحرك تبعاً لشدة فرق التركيز والضغط الاسموزي . وفي القنيات القريبة يعاد امتصاص نحو ٤٠-٥٠٪ من مقدار اليوريا الموجودة بالراشح . وأي قدر من البروتين قد يهرب خلال الحزمة الوعائية ربما يعاد امتصاصه في القنيات القريبة .

ومع مرور الوقت فإن الراشح المعدل يدخل الجزء النازل من خية هنل ويقل حجم الراشح كثيراً ويتغير تركيبه ولكن درجة الحموضة والاسموزية والوزن النوعي لا تتغير . وبمجرد أن يمر الراشح للأسفل خلال الجزء النازل فإنه يفقد بعض الماء السائل البينخلوي متزايد التركيز . الجزء الصاعد من خية هنل غير منفذ للماء ولذلك فإن الراشح يفقد الصوديوم بدون فقد الماء . وعليه فإن نظام التيار المضاد Counter-current mechanism أي الامتصاص ضد منحنى فرق التركيز والضغط ثبت وجوده في خية هنل . ولذلك فإن الراشح نفسه يمكن أن يصبح أكثر تركيزاً في الجزء المستقيم من المنطقة الطرفية للخية (شكل ٨-٧) .

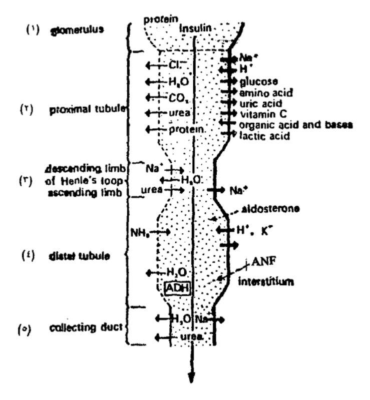
في القنيات الملتفة البعيدة أو الطرفية والجزء الأول من القنوات المجمعة فإن الجزء الباقي من الصوديوم يعاد امتصاصه . وهذا يتضمن نظامين : (١) يعمل الهرمون المضاد للتبول ADH المفرز من النخامية الخلفية والعامل المخرج للصوديوم ANF المفرز من القلب على خلايا القنيات الملتفة البعيدة منظماً نفاذيتها للصوديوم . (٢) خلايا الجزء الطرفي تكون وتفرز أيونات الأيدروجين ، البوتاسيوم والأمونيوم (وجود تركيز معين منها ضروري لحفظ الاتزان القاعدي - الحامضي) في مقابل امتصاص الصوديوم .



شكل ٨-٧ : ميكانيكية تكوين البول في الثدييات (عن فيرما وآخرون)

(١) القنية الطرفية (٢) خيه هنل (٣) القنية القريبه (٤) الحوصله البولية (٥) القناة المجمعه (٦) نفازية اختياريه للماء (٧) غير منفذ للماء (٨) نفازيه حره للماء

استمرار إعادة امتصاص الماء في الجزء الطرفي من الوحدة البولية يعتمد على فعل الهرمون المضاد للتبول والهرمون المخرج للصوديوم على نفاذية الخلايا للصوديوم . أما هرمون الألدوستيرون المفرز من قشرة الأدرينال فيزيد من امتصاص القنيات للصوديوم ويسهل استبعاد أيونات البوتاسيوم والأيدروجين والكلوريد (شكل ٨-٨) .



شكل ٨-٨ : شكل يوضح عملية الامتصاص الاختياري خلال القنية البولية والعوامل المؤثرة عليها (عن فيرما وآخرون)

(١) الحزمة الوعائية (٢) القنية البولية (٣) خيه هنل (٤) القنية الطرفية (٥) القناة المجمعه

تنظيم تكوين البول Control of urine_formation :

يتم تنظم عملية تكوين وإخراج البول عن طريق تكامل عمل الجهازين العصبي والهرموني .

١ - التنظيم العصبي : تمول الكلية بعدد كبير من الألياف العصبية . الإشارات العصبية الواصلة من الجهاز العصبي المركزي عبر هذه الألياف تسبب انقباض أو انبساط الأوعية الدموية الكلوية كما وتغير من نفاذية جدر الحزمة الوعائية والقدرة الامتصاصية للخلايا الطلائية للقنيات البولية وهو ما يؤثر على تكوين البول .

٢ - التنظيم الهرموني : تؤثر بعض الهرمونات في عملية تكوين البول . فمثلاً الهرمون المضاد للتبول ADH يساهم في تنظيم كمية الماء الخارجة بالبول . هذا

الهرمون يعمل على جدر القنوات المجمعة للوحدات البولية بما يؤدي لزيادة نفاذيتها للماء . وعند غياب الهرمون المضاد للتبول أو زيادة هرمون القلب المخرج للبول فإن القنوات المجمعة تصبح جزئياً غير منفذة للماء ولذلك فإن كمية بسيطة من الماء ترجع مرة أخرى للدم من البول بواسطة القوة الاسموزية قبل أن تدخل الحالبين . كما ويعتقد أيضاً أن هرمون الثيروكسين يعمل على نقص إعادة امتصاص الماء في القنيات البولية مما يؤدي لزيادة التبول Diuresis . هرمون الألدوستيرون يؤثر على تكوين البول من خلال تنظيمه لكمية الصوديوم والبوتاسيوم المحتجزة في الدم وتلك المخرجة .

التبـــول Urination :

عندما يصل حجم البول بالمثانة لحجم معين (أكبر من ٣٠٠-٤٠٠ مل في الإنسان) يشعر الفرد بامتلاء المثانة والرغبة في التبول حيث تنبه نهايات الأعصاب المنتشرة في جدر المثانة محدثة تنبيهاً يصل للحبل الشوكي حيث يوجد مركز التبول بالمنطقة العجزية من الحبل الشوكي . ينعكس هذا التنبيه مؤدياً لارتخاء الصمام الداخلي لعنق المثانة وانقباض عضلات جدر المثانة ويبدأ البول في المرور لقناة مجرى البول Urethra . ويستمر نزول البول بمساعدة مجموعة من الأفعال المنعكسة التى تؤدى للاستمرار انقباض جدر المثانة وارتخاء العضلات العاصرة لضمان تفريغ المثانة . وإذا لم يحدث التبول وبلغ حجم البول قدراً معيناً (٨٠٠-١٠٠٠ مل في الإنسان) يتحول الشعور بامتلاء المثانة إلى ألم في البطن ويحدث التبول لا إرادياً .

خـواص البـــول Characteristics of urine :

البول عبارة عن سائل يحتوي على مخلفات التمثيل الغذائي للمواد الأزوتية وبعض الأملاح المعدنية والمواد الملونة . فحص الخواص الطبيعية والكيماوية للبول يعتبر طريقة مفيدة في تشخيص عديد من الحالات غير الطبيعية للحيوانات .

وهناك مدى طبيعي لكمية البول المخرجة يومياً والاختلافات فيها ترجع لنوع الطعام والماء المستهلك والطقس والنشاط الطبيعي للحيوان . وتخرج أبقار اللبن يوميا نحو ١٤ لتر بول ، الحصان نحو ٥ لتر ، الأغنام والماعز نحو ١ لتر والإنسان نحو ٥ر١ لتر . وللبول رائحة مميزة للنوع . وهو مائي القوام في غالبية الثدييات ، ورائق شفاف ويميل لونه للاصفرار أو الأصفر المائل للبني . بول الخيل يتحول لونه إلى البني الغامق عند سكونه وهو أسمك نوعاً وغير رائق لاحتواءه على بلورات كربونات الكالسيوم والمخاط . ويصبح بول الثدييات معكرا بعد سكونه لترسيب كربونات الكالسيوم .

وبعض أنواع الأطعمة قد تضفي على البول اللون الأحمر أو الأخضر أو البرتقالي . تغير اللون قد يرجع أيضاً لوجود بعض السموم والعقاقير أو للفشل الكلوي والكبدي .

تفاعل البول غالباً ما يكون حامضياً في الحيوانات آكلة اللحوم (في الإنسان يتراوح الـ pH بين ٧ر٤-٥ر٦) . غير أن تفاعل بول أكلات العشب يكون قلوياً (في الأبقار يتراوح الـ pH بين ٦-٧ر٨) . التغيرات الواضحة في درجة الحموضة والقلوية ربما تعكس تمثيل غير طبيعي في الكلية .

تحت الظروف الطبيعية لا يحتوي البول على بروتين ، جليكوز ، كيتونات ، دم أو صبغات الصفراء . هذه النواتج يمكن قياسها في بعض حالات فشل الكلية والأورام والفشل البنكرياسي أو الكبدي أو الهرموني .

وإذا تم عمل طرد مركزي للبول يتكون راسب بسيط . وقد يمكن ملاحظة وجود بعض كرات الدم البيضاء أو الخلايا الطلائية أو المخاط أو البلورات . البكتريا قد توجد إذا تم جمع البول بطريقة غير صحية . نواتج الفحص المجهري غير العادية في البول المطرود مركزياً تشمل زيادة في أعداد الخلايا الطلائية ، خلايا الدم ، فضلات الأنسجة (أجسام اسطوانية صلبة تتكون في فجوات القنيات البولية وتشمل خلايا ودهن ودم) ، كائنات حية (تشمل الخميرة ، الفطريات والبكتريا) والطفيليات (تشمل البروتوزوا) وكذلك البلورات والدهن .

الجلد والتراكيب الجلدية The skin and associated structures :

الجلد يمثل أكبر عضو في الجسم ليس فقط في مساحة السطح ولكن في الضخامة حيث يمثل نحو ١٥٪ من كتلة الجسم . وهو يحمي أعضاء الجسم من المؤثرات الخارجية وكذلك المساهمة في تنظيم حرارة الجسم والإخراج والاحساس . والجلد يتركب أساساً من طبقتين هما البشرة Epidermis والأدمة Dermis . تركيب وثخانة جلد الحيوانات يختلف حسب النوع والعمر . ويبلغ متوسط ثخانة جلد الأغنام ٧ر٢مم ، والماعز ٩ر٢مم ، والخنازير ٢ر٢مم والماشية ٦ مم . وثخانة جلد الخيول تتراوح بين ١-٥مم وأثخن مناطقه تكون الجزء الظهري من الذيل والعرف ويكون الجلد رقيقاً في البطن . وقد تتحور البشرة أثناء نموها في بعض المناطق وفي بعض الحيوانات لتكون حوافر أو مخالب أو قرون .

تركيب الجلد Structure :

الجلد عبارة عن نسيج مصفف يحتوي على ثلاثة طبقات رئيسية هي البشرة Epidermis والأدمة Dermis وهما يشكلا الجلد الحقيقي ثم طبقة ما تحت الجلد Hypodermis (شكل ٨-٩) .

١ - البشـــرة Epidermis :

تمثل الطبقة الخارجية من الجلد وتتكون من نسيج طلائي حرشفي مصفف وهي توجد في شكل طبقتين عميقة وسطحية (شكل ٨-١٠) . الطبقة العميقة أو الخضرية Stratum germinativum وهي مصدر الخلايا الأخرى والطبقة السطحية القرنية Stratum corneum . الطبقة العميقة تتكون من الغشاء القاعدي Stratum basale وجزئين خلويين ثانويين هما الطبقة الشوكية Stratum Spinosum والطبقة المحببة Stratum granulosum من الخارج .

الغشاء القاعدي Stratum basale يعتبر أعمق طبقة خلوية في البشرة ويتكون من خلايا ترتكز على غشاء قاعدي ليفي Basement membrane .

الغشاء الشوكي Stratum spinosum طبقة واسعة من الخلايا الشوكية أو متعددة الزوايا تتصل بواسطة كباري بين خلوية وتتقاطع بواسطة ليفات سيتوبلازمية . وهي متميزة عن خلايا الغشاء المحبب .

الغشاء المحبب Stratum granulosum يتكون من صفين أو ثلاثة صفوف من الخلايا المحتوية على حبيبات داكنة تسمى Keratohyalin granules وهذه الخلايا توجد بداخل الغشاء القرني في حالة غياب الغشاء الرائق .

الغشاء الرائق Stratum Lucidum يوجد في الجلد السميك للثدييات ولكنه يغيب في الحيوانات الزراعية . وعند وجوده يكون مجاور للغشاء القرني . ويتكون من خلايا فقدت قدرتها على الصبغ وتشكل شريطاً ضيقاً رائقاً يفصل ما بين الخلايا الحية والميتة . وفي الأبقار تلاحظ هذه الطبقة في جلد المناطق المجاورة لفتحة الشرج والقرون والعرقوب .

الطبقة القرنية Stratum corneum تتكون من حراشيف أو خلايافقدت أنويتها تكون طبقة قرنية ميتة من الكيراتين Keratin . وسطح هذه الطبقة سائب ويسهل نزعه عند الاحتكاك .

سمك طبقة البشرة يختلف حسب الموقع حيث تكون اسمك على أماكن الجسم التي بها شعر عن مواقع الجلد الخالية من الشعر .

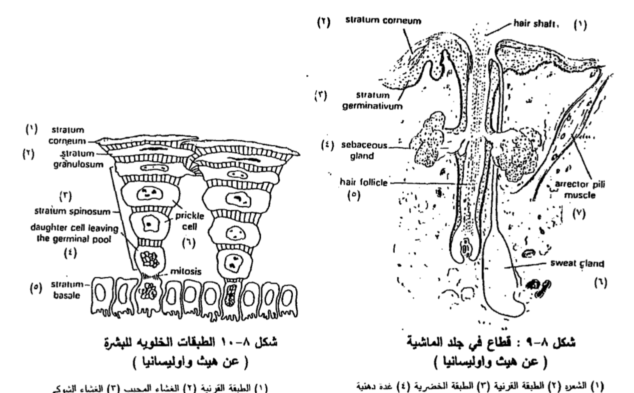
الاتصال بين البشرة والأدمة يكون عن طريق الغشاء القاعدي . وفي مناطق الجسم السميكة فإن الغشاء القاعدي يكون قمم متموجة . وعندئذ قد يكون الغشاء القاعدي ناعم ومنتظم في المساحات ذات الشعر أو منثني في المساحات الناعمة .

وبجانب الخلايا المكونة للكراتين Keratinocytes فإن بعض الخلايا الأخرى قد تكون موجودة في طبقة البشرة مثل الخلايا الملونة Melanocytes . وهي خلايا نجمية الشكل مصبوغة باللون الأسود وتقع بين خلايا الغشاء القاعدي . زوائد الخلايا الملونة تمتد للأعلى في المسافات بين خلايا البشرة . ولون الجلد يعتمد على عدد الخلايا الملونة الموجودة . الخلايا الطلائية لبشرة الحيوانات الزراعية قد تحتوي أيضاً صبغات فتوجد الصبغات بتركيز عالي بالقرب من الغشاء القاعدي وتقل كميتها في اتجاه الطبقات السطحية .

٢ - الأدمة Dermis :

عبارة عن النسيج الضام الليفي للجلد والذي يقع بين البشرة والنسيج تحت الجلد . البشرة والملحقات الجلدية التي تنمو عليه أو من خلاله تحصل على غذائها منه . وتمثل الألياف الكولاجينية غالبية النسيج الضام في حين أن الألياف الشبكية Elastic reticular fiber تمثل جزء صغيراً . ويمكن تقسيم الأدمة إلى الطبقة الحلمية السطحية والطبقة الشبكية العميقة . الاتصال بين الطبقتين يكون غالباً عند مستوى الشعر والغدد العرقية . ويتخلل هذه الطبقة جذور الشعر والعضلة الناصبة للشعر Arrector pili muscles والغدد الدهنية والعرقية والأوعية الدموية والأعصاب . وفي الماشية فإن ألياف الأدمة تكون سائبة أو ضعيفة الاتصال . وعموماً فإن ألياف الأدمة في سلالات المناطق المعتدلة تكون أكثر اتصالاً ببعضها في حين أنها في سلالات المناطق الحارة تكون أقل اتصالاً .

من المكونات الأخرى لطبقة الأدمة المادة الأساسية وهي تكون شبه جيلاتينية عديمة الألياف متماثلة وتتكون من سكريات عديدة مخاطية Mucopolysaccharide . والمادة الأساسية تضم وتثبت كل المكونات الخلوية والليفية للأدمة . وتساعد في تنظيم توزيع الأيونات ، الماء ، الأليكتروليتات ، العناصر الغذائية ، الهرمونات والجزيئات الكبيرة الأخرى .



شكل ٨-٩ : قطاع في جلد الماشية
(عن هيث واوليسانيا)

(١) الشعره (٢) الطبقة القرنية (٣) الطبقة الخضرية (٤) غدة دهنية
(٥) بصيلة الشعره (٦) غدة عرقية (٧) عضلة ناصبه

شكل ٨-١٠ الطبقات الخلويه للبشرة
(عن هيث واوليسانيا)

(١) الطبقة القرنية (٢) الغشاء المحبب (٣) الغشاء الشوكى
(٤) خلايا وليده (٥) الغشاء القاعدى (٦) خلايا بركلى

٣ - الطبقة تحت الجلد Hypodermis :

وهي طبقة تلي الأدمة وتقوم بوصل الجلد بالتراكيب التي تليه وتعمل على تثبيت طبقتي البشرة والأدمة . وهي تحوي المواد الدهنية التي تعمل كعازل حراري . والطبقة تحت الجلد تكون اسمك في الحيوانات الزراعية التي تنشأ بالمناطق الحارة عن تلك ذات النشأة في المناطق المعتدلة .

وتتكون الطبقة تحت الجلد من عوارض كولاجينية سائبة مع عديد من الألياف المطاطة . وهذه تختلف عن الطبقة الشبكية للأدمة في أن الألياف أكثر انقباضاً وتترتب في طبقات . وهي تحوي عضلات جلدية Cutaneous muscles في بعض مناطق الجسم وهذه العضلات هي عضلات هيكلية تتصل بالأدمة وتعمل على تحريك الجلد وذلك عند شده .

٤ - الغدد الجلدية Skin glands :

يوجد بالجلد نوعين أساسيين من الغدد هما الغدد العرقية والغدد الدهنية :

(أ) الغدد العرقية Sweat glands : يوجد نوعين من الغدد العرقية . غدد صغيرة Merocrine (eccrine) وتنشأ مباشرة من البشرة الأولية ولا ترتبط بحويصلات الشعر . والنوع الآخر الغدد الكبيرة Apocrine وتنشأ من براعم الشعر في الجنين وتوجد باستمرار متصلة مع حويصلات الشعر .

الغدد العرقية في الجلد المحتوي على شعر بالحيوانات الزراعية هي غالباً من النوع الكبير Apocrine وتتكون من جزء إفرازي يكون في شكل أنبوبة ملتفة ضيقة وقناة إخراجية تفتح عند عنق حويصلة الشعر وغالباً فوق الغدد الدهنية . وتبعاً للشكل ودرجة التفرع فإن حيوانات المزرعة خاصة الماشية تحوي ثلاثة أنواع من هذه الغدد هي : النوع الأنبوبي المركب ، النوع الحويصلي الملتف والنوع الحويصلي غير الملتف . وحيوانات المناطق الحارة غالباً ما تحوي النوع الحوصلي في حين أن النوع الأنبوبي ينتشر في ماشية المناطق المعتدلة .

وعدد الغدد العرقية في مساحة الجلد يختلف حسب النوع ومناطق الجسم . فهو مثلاً في ماشية الشورتهورن يبلغ ٦٠٠/سم٢ في حين أن ماشية الزيبو يوجد بها نحو ١٦٠٠/سم٢ . زيادة عدد الغدد مهم في تنظيم درجة الحرارة حيث أن الرطوبة التي تخرجها تتبخر من الجلد مما يعمل على تبريد الجلد ومساعدة الحيوان على مقاومة ارتفاع حرارة البيئة . ولذلك يفضل اختيار الحيوانات التي تتميز بهذه الصفة للتربية في المناطق الحارة .

توجد بالجسم بعض الغدد التي تتحور عن الغدد العرقية مثل غدد الأنف في الأبقار والخنازير وغدد القرون بالماعز وغدد وسادة حوافر الخيل حيث أنها تفرز إفراز مائي . كذلك تعتبر الغدد اللبنية في إناث الثدييات نوع محور من الغدد الجلدية العرقية .

(ب) الغدد الدهنية Sebaceous glands : عبارة عن غدد بصيلية بسيطة أو متفرعة توجد بالقرب من حويصلات الشعر وهي تفتح في كيس الشعره من خلال قناة إخراجية . وتختلف الغدد الدهنية في العدد والتوزيع بالجسم حسب النوع حيث تكون صغيرة في المجترات والخنازير مقارنة بالخيول . وتفرز الغدد الدهنية مادة تعرف بالزيت Sebum وتتكون من مخلوط أحماض دهنية وجلسريدات ثلاثية وشموع واسترولات وبرافين ولبيدات أخرى وإفرازها مستمر . وأهم وظائف هذا الدهن هو تزييت الشعر النامي وحفظ الجلد ناعم ولين وحماية الجلد من تأثير الأشعة تحت الحمراء والبكتريا والأجسام الغريبة حيث يكون طبقة عازلة على سطح الجلد . وقد يلعب هذا الزيت دوراً في تنظيم درجة الحرارة والأقلمة على الحرارة العالية . كما أنه قد يكون ذو رائحة مميزة للنوع أو الجنس مما يؤثر على سلوك الحيوان .

هناك بعض الغدد المحورة عن الغدد الدهنية مثل غدد كاحل جفن العينين وغدد الشفرات والشرج وغدد قناة الأذن الخارجية .

٥ – الشــعر Hair :

ينتشر الشعر على جميع سطح جسم الثدييات ما عدا مناطق معينة مثل نهاية وسادة الأنف . ويستثنى من ذلك الأغنام التي يكون الصوف هو غطائها وكذلك ماعز الموهير والكشمير واللاما التي يكون الشعر الحريري هو غطاء الجسم فيها . والصوف والشعر الحريري نوع محور من الشعر . ويتصل بكل شعرة واحد أو أكثر من الغدد الدهنية وغدة عرقية واحدة وكذلك عضلة شعرة Hair arrector (شكل ٨–٩).

ويحتوي الشعر على مجموعة من الخلايا المركزية تسمى النخاع Medulla يحيط بها طبقة القشرة Cortex وهذه يحيط بها طبقة البشرة المتصلة أو الكيوتيكل Cuticle . وفي شعر جنين الإنسان والصوف الناعم يكون النخاع غير موجود . ويتكون النخاع من لفة أو أكثر من الخلايا المتعرجة . وخلايا القشرة مغزلية وطولية . وقد توجد الصبغات في كل من النخاع والقشرة ولكنها لا توجد في طبقة الكيوتيكل . وتتكون طبقة الكيوتيكل من طبقة خلايا طلائية رقيقة قرنية شفافة .

والشعرة تنمو من حويصلة Hair follicle توجد بطبقة الأدمة . والشعرة داخل الحويصلة تكون محاطة بثلاثة طبقات هي الغمد الداخلي Internal root sheath والغمد الخارجي External root sheath وطبقة الأنسجة الضامة connective tissue sheath . وعندما تجذب الشعرة خارج الجلد فإن الغلاف الداخلي للجذر يخرج مع الشعر المنزوع في حين يبقى الغلاف الخارجي والنسيج الضام .

وظـائف الجـلد Functions :

يقوم الجلد بعدة وظائف هامة يمكن تلخيصها في الآتي :

١ – الحماية الميكانيكية Mechanical protection : تقوم بعض التراكيب المشتقة من الجلد مثل الشعر Hair ، الحوافز Hoofs والأظلاف Nails ، القرون Horns ، الريش feather والمخالب claw بوظيفة حماية الأجزاء التي تحتها . فالطبقة القرنية للبشرة يزيد سمكها في المناطق المعرضة للاحتكاك بالعوامل الخارجية الضارة . والشعر الموجود على الجلد يقوم بوظيفة مقاومة القطع ومقاومة أضرار الأشعة والحرارة والالتهابات الكيماوية .

٢ – الإحساس بالمؤثرات البيئية Sensation : حيث ينتشر في الجلد نهايات الأعصاب الحسية في صورة أنواع مختلفة من المستقبلات المتخصصة لأنواع المؤثرات المختلفة . وعند وقوع مؤثر ما عليها مثل الحرارة تنتقل منها إشارات عصبية للجهاز العصبي المركزي التي يرد عليها في صورة تغيرات فسيولوجية حسب المؤثر . وجود هذه المستقبلات الخارجية يجعل الحيوان سريع الاستجابة للمؤثرات الخارجية .

٣ – النفـــازية Permeability : تعمل البشرة كحاجز يمنع تخلل كثير من المواد الغريبة . وامتصاص أي مادة يعتمد على خواصها وعلى حالة الجلد خاصة الطبقة القرنية Stratum corneum . ولقد ثبت أن الجلد منفذ للماء من خلال طبقة البشرة ، كما أن الألكتروليتات يمكن أن تتخلل الجلد . المواد التي تذوب في الدهون يمكن أن تتخلل الجلد بسرعة وبصورة كاملة . أما المواد التي تذوب في كلا من الدهن والماء فتتخلل الجلد بسرعة أكبر ربما تفوق سرعة امتصاصها من الأمعاء . ومن المواد التي تذوب في الدهن وتمتص بسرعة حامض السلسيليك والفينول ، الفيتامينات الذائبة في الدهن والهرمونات الجنسية . كما أن المعادن الثقيلة يمكن أن تخترق الجلد ولذلك يمكن استخدام هذه الخاصية في علاج بعض الأمراض مثل استخدام أملاح الزئبق في علاج مرض الزهري Syphilis ويكون ذلك في صورة مراهم . اختراق الرصاص والخارصين أقل من الزئبق . ومعظم الغازات والأبخرة المتطايرة يمكن أن تنفذ من الجلد مع استثناء أول أكسيد الكربون . نفاذ الغازات يتم عن طريق الانتشار البسيط خلال طبقات الجلد الداخلية التي تعمل كمادة مذيبة .

٤ – الحماية من الفعل البيولوجي للأشعة Actinic irradiation : أشعة الشمس تنقسم إلى أشعة بنفسجية ، أشعة مرئية وأشعة تحت حمراء . والجلد هو المكان الرئيسي للفعل البيولوجي لأشعة الضوء . فالأشعة تحت الحمراء تمتص في الطبقات العليا للجلد مؤدية لارتفاع درجة الحرارة ويقل التأثير في العمق . الأشعة المرئية تمر لمسافة أطول عن الأشعة تحت الحمراء ولذلك فإن الأشعة المرئية المكثفة قد تؤدي لارتفاع درجة الحرارة لعدة درجات عند عمق عدة سنتيمترات من الجلد في حين أن درجات حرارة السطح تتغير قليلاً . وقد يتبع ذلك زيادة توارد الدم ونشاط الغدد العرقية . الأشعة فوق البنفسجية تختلف جوهرياً عن الأشعة الأخرى في قابليتها لإحداث تغيرات كيماوية في الأنسجة السطحية فهي تحدث ضرراً مباشراً لخلايا البشرة ممثلاً في ضربة الشمس Sunburn وهو أقل حدوثاً في الحيوانات عن

الإنسان نظراً لوجود غطاء الشعر والصبغات . وتعتبر أشعة الشمس واحداً من أهم أسباب سرطان الجلد الذي يعزى أساساً لفعل الأشعة فوق البنفسجية .

ويعتبر تخليق فيتامين « د » .Vit. D وتأثيره المضاد للكساح من أوضح التأثيرات الناجمة عن فعل ضوء الشمس على مركب V – ديهيدروكوليسترول الموجود بالجلد .

٥ – المساهمة في عملية الإخراج Excretion : يقوم الجلد من خلال الغدد العرقية والدهنية بإخراج الماء والأملاح والدهون الزائدة عن حاجة الجسم أو الناتجة عن العمليات التمثيلية . إخراج بعض هذه المواد مثل الماء يزيد خاصة في بعض الظروف مثل ارتفاع درجات الحرارة وذلك كوسيلة من وسائل تنظيم درجة حرارة الجسم . ولذلك نجد أن عدد الغدد العرقية وكفاءتها تزيد في حيوانات المناطق الحارة عن حيوانات المناطق المعتدلة . كما أن مساحة الجلد بالنسبة لوزن الحيوان تزيد في هذه الحيوانات مما يؤهلها لمقاومة ارتفاع درجات الحرارة .

وتختلف الحيوانات في قابليتها للعرق . فالخيل يحتوي جلدها على عدد أكبر من الغدد العرقية المتطورة والنشطة مقارنة بغيرها من الثدييات المستأنسة . قابلية الحيوانات الزراعية الأخرى لتعرق تقل حسب الترتيب الآتي ، الجمال – الماشية – الأغنام – الماعز – الخنازير والدواجن . ورغم أهمية الاستجابة للحرارة ، فإن العرق بالجمال لا يلاحظ في الفترات المتقطعة . الشعر في الجمال لا يصبح مبللاً كما هو في الخيل وذلك لأن البخر عن طريق العرق يحدث أساساً على سطح الجلد . الحيوانات الزراعية قليلة العرق تستجيب للحرارة بواسطة التبريد عن طريق البخر من الجهاز التنفسي كما يحدث في الأغنام .

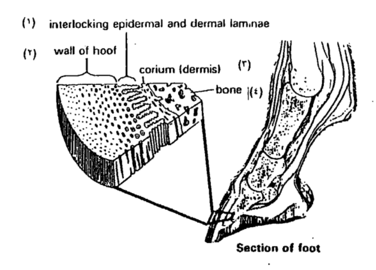
الحوافر والمخالب والقرون Hooves, Claws and Horns :

الحوافر مثلها مثل الشعر يعتبر نسيج البشرة مصدرها وأن نموها ينتج من الغشاء الخضري (النسيج القاعدي) . الحوافر والمخالب والقرون تتكون من أنابيب الشعر أو أنابيب القرون والتي تلتصق ببعضها بواسطة القرن البين أنبوبي .

هذه التركيبات مثل البشرة نفسها تستقبل الغذاء من الأدمة . وأدمة الحوافر متحورة تماماً وتغذي بالأوعية الدموية والأعصاب للمحافظة على الحوافر .

الطبقة تحت الجلد تغيب في عدد من الأماكن في هذه التركيبات . الجسم الحلمي

Papillary body يكون عالي وعادة ما يتحور ليكون حلمات ميكروسكوبية طويلة ، تركيبات تشبه الأوراق أو الارتفاعات . والصفائح الجلدية الأولية والثانوية – صفائح نسيجية رقيقة تكسو اللحم ضمن جدار الحوافر (شكل ٨-١١) .



شكل ٨-١١ : اتصال وتركيب جدار الحافر (عن هيث وأوليسانيا)

(١) البشرة (٢) جدار الحافر (٣) الأدمه (٤) العظم

الفصل التاسع
الجهاز العصبى
Nervous system

الجهاز العصبى عبارة عن مجموعة الأنسجة التى تقوم بدور هام فى تنظيم العمليات الفسيولوجية بالكائن الحى . وهو يوفق بين العمليات المختلفة وبين ظروف البيئة الداخلية والخارجية طبقا لحاجة أو عدم حاجة هذا الكائن لتلك العمليات بالجسم . ويجب ألا نغفل أن الجهاز العصبى ما هو إلا عامل من العوامل المنظمة للعمليات الفسيولوجية بالجسم ، حيث أن هناك عدة عوامل منظمة لأى عملية . ولكن الجهاز العصبى يعد من أسرع العوامل المنظمة حيث يمكنه استقبال الإشارات العصبية الناتجة من المؤثرات البيئية الداخلية أو الخارجية والرد على تلك الإشارات فى أقل من الثانية . وهذا بعكس العوامل المنظمة الأخرى مثل الهرمونات التى تحتاج لوقت أطول نسبيا . وذلك لأن الإشارات العصبية تنقل خلال الألياف العصبية بسرعة قد تزيد عن ١٠٠ متر / ثانية . أى أن الإشارة العصبية تستقبل ويرد عليها فى خلال مدة تقدر بأجزاء من الثانية فى حين أن التنظيم الهرمونى الذى يلزم لإدائه تركيز هرمونى معين بالدم لابد من إفرازه ثم يسير بالدم نحو العضو الهدف مما يجعل الوقت اللازم لتأدية تأثيره يتراوح من عدة دقائق لعدة أيام . وعلى ذلك فإن الوظائف التى تحتاج لتنظيم سريع (السمع - الرؤية - الشم - حركة العضلات) تقع تحت تأثير الجهاز العصبى بينما الوظائف التى لا تحتاج لسرعة فى التنظيم (تنظيم محتوى الماء والأملاح - تنظيم سرعة التناسل والنمو) فتقع تحت التنظيم الهرمونى والذى بدوره يخضع جزئيا للتنظيم العصبى .

الأنسجة العصبية Nervous tissues

الأنسجة العصبية هى المسئولة عن استقبال المنبهات المختلفة التى تقع على الجسم من البيئة الخارجية أو تلك التى تتولد داخل الجسم . وهى تتركب من الخلايا العصبية Nerve cells التى يربطها ويدعمها نسيج ضام عصبى Neuroglia .

الخلية العصبية Nerve cell تتركب من جسم الخلية Cell body (cyton) وهو غير منتظم الشكل وتقع به النواه ، كما توجد بالسيتوبلازم حبيبات نسل Nissl bodies ذات الشكل المستطيل وعددها يشير لحيوية الخلية إذ أنها تتداعى فى الخلايا المريضة ويعتقد بأن

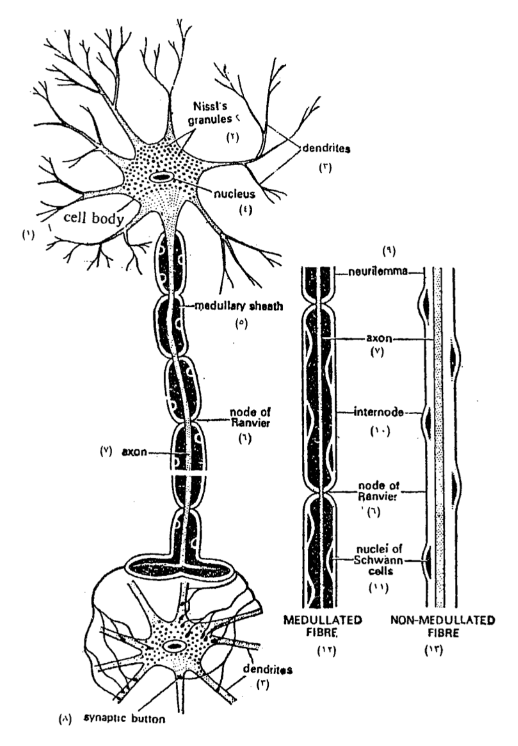
دورها تخليق البروتينات المنظمة لنشاط الخلية العصبية . كما أن الخلية تحوى مكونات أخرى مثل الشبكة الاندوبلازمية وأجسام جولجى والميتوكوندريا والليفات العصبية Neurofibrils وغيرها من المكونات الخلوية . ويبرز من جسم الخلية زوائد عصبية Nerve processes هى الزوائد الشجرية Dendrites والمحرر الاسطوانى Axon (شكل ٩ - ١) .

الزوائد الشجرية هى عبارة عن الزوائد القصيرة المتفرعة من جسم الخلية العصبية وقد يكون عددها واحد أو أكثر ووظيفتها نقل الإشارة العصبية فى إتجاه جسم الخلية ونهاياتها قريبة من جسم الخلية ولذلك فهى لا تدخل فى تركيب الألياف العصبية .

المحور الاسطوانى عبارة عن زائدة سيتوبلازمية طويلة مغطاه بالغشاء الخلوى ويخرج من جسم الخلية محور واحد طويل ذو شكل إسطوانى تتفرع نهايته البعيدة مكونة أفرع أو أقدام تسمى بالاستطالات الطرفية Telodendria تتصل بالعضلات أو الخلايا العصبية الأخرى . ويخترق سيتوبلازم المحور خيوط الليفات العصبية Neurofibrils والتى تنشأ من الخيوط الموجودة بجسم الخلية . ومعظم المحاور الاسطوانية لها غلافان هما الغلاف النخاعى أو الميلينى Medullary or Myelin sheath والغلاف العصبى Neurolemma . الغلاف النخاعى أبيض اللون لإحتواءه على الدهون وغير مستمر ، إذ أنه توجد اختناقات دائرية (نقط عارية) على مسافات منه تعرف بعقد رانفير Node of Ranvier والتى عندها يحدث نقل الإشارات العصبية . الغلاف العصبى أو ما يعرف بغمد شوان Schwann sheath فهو غلاف رقيق جدا يوجد خارج الغلاف النخاعى ويلامس الليفة العصبية عند عقد رانفير (شكل ٩ - ١) . ومعظم الألياف العصبية الدماغية والشوكية يوجد بها الغلافين وتسمى مثل هذه الألياف بالليفة النخاعية أو الميلينية Medullated or Myelinated n.f. . أما الألياف العصبية السمبثاوية بعد العقدية فلا يوجد بها الغلاف النخاعى وتسمى بالليفة العارية Non-medullated or Non-myelinated n.f. .

جسم الخلايا العصبية يوجد فى المادة الرمادية بالمخ والحبل الشوكى والعقد العصبية . ويبلغ عددها فى الجهاز العصبى المركزى نحو ١٢ بليون فى الإنسان و٤ بليون فى الحيوانات (الماشية والخيل) .

تركيبيا تقسم الخلايا العصبية على حسب عدد المحاور التى بها إلى ثلاثة أنواع خلايا وحيدة المحور Unipolar ويخرج منها محور واحد غالبا ما يتفرع لفرعين أو أكثر وهى توجد بالجذور الخلفية للأعصاب الشوكية وفى جذور بعض الأعصاب الدماغية مثل العصب التوأمى ، اللسانى البلعومى والتائه . النوع الثانى الخلايا العصبية ثنائية



شكل ٩ ـ ١ : يوضح التركيب العام للخلية العصبية وكيفية اتصالها بواسطة الاقتران العصبى بخلية أخرى .
وفى الجانب يظهر تركيب الألياف العصبية
(عن فيرما وآخرون)

(١) جسم الخلية (٢) أجسام نسل (٣) زوائد شجرية (٤) نواه (٥) غلاف نخاعى (٦) عقد رانفير (٧) اكسون (٨) عقد الاشتباك العصبى (٩) غلاف عصبى (١٠) عقد داخلية (١١) أنويه خلايا شوان (١٢) ليفة نخاعيه (١٢) ليفه عارية

المحاور Dipolar ويخرج من جسمها زائدتان واحدة شجرية والأخرى محور . النوع الثالث هو الخلايا عديدة المحاور أو الزوائد Multipolar (شكل ٩ - ٢) ويخرج من جسمها العديد من الزوائد الشجرية ولكن لها محور واحد .

والخلايا العصبية تقسم أيضا على حسب وظيفتها إلى خلية حسية Sensory neuron وهى التى تتصل بالمستقبلات العصبية التى تتسلم المنبهات العصبية من الخارج أو الداخل كتلك الموجودة بالجلد أو أعضاء الحس ، وخلية محركة Motor neuron وهى التى تتصل بأعضاء الاستجابة كالعضلات والغدد . وفى العادة تتوسط بين الخليتين العصبيتين الحسية والمحركة خلية بينية Intermediate neuron .

محاور الخلايا العصبية قد توجد منفردة فى أنسجة الحيوان أو تتجمع مع بعضها فى صورة حزم محاطة بأغلفة لتكون الأعصاب Nerves . هذه الأعصاب تنقسم إلى نوعين حسب إتجاه نقلها للإشارات العصبية هما الألياف الواردة أو الصادرة . الألياف الواردة Afferent (sensory) nerves وهى التى تنقل الإشارات العصبية من المستقبل للجهاز العصبى المركزى . الخلايا التى تنشأ منها هذه الألياف توجد بالعقد العصبية الموجودة خارج المخ أو الحبل الشوكى ولكنها ليست بعيدة عنها . الألياف الصادرة Efferent (motor) nerves وهى تقوم بنقل الإشارات العصبية من الجهاز العصبى المركزى إلى أعضاء الاستجابة . والخلايا التى تنشأ منها هذه الألياف موجودة بالمادة الرمادية للجهاز العصبى أو بالعقد العصبية للجهاز العصبى الذاتى .

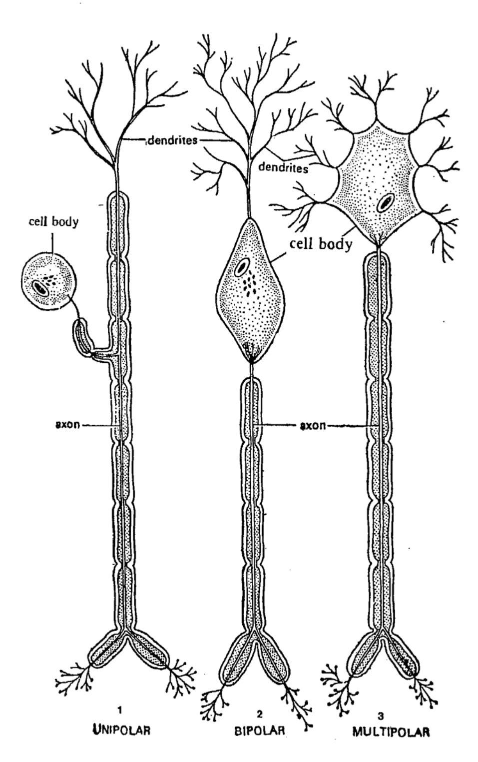
الخلايا الدعامية Neuroglia

عبارة عن خلايا متعددة الزوائد تدعم الخلايا العصبية وتغذيها كما أن لها دور فى عمليات التجدد التى تعقب الجروح والأمراض وليس لها وظيفة عصبية . وهى تتوافر بكثرة بالجهاز العصبى حيث يفوق عددها عدد الخلايا العصبية بنسبة ١٠ : ١ وقد يصل حجمها إلى نصف حجم المخ تقريبا . ويوجد عدة أنواع من الخلايا الدعامية تختلف حسب مكان وجودها بالجهاز العصبى :

١ - خلايا الابنديما Ependyma خلايا مهدبة تبطن تجاويف الجهاز العصبى .

٢ - الخلايا النجمية Astrocytes تكون شبكة دعامية تلتصق بالأوعية الدموية .

٣ - الخلايا قليلة المحاور Oligodendrocytes تكون الغلاف الميلينى المحيط بمحاور الأعصاب .



شكل ٩ ـ ٢ : رسم توضيحي لبعض أنواع الخلايا العصبية
١ ـ وحيدة المحور ، ٢ ـ ثنائية المحاور ، ٣ ـ عديدة المحاور
(عن فيرما وآخرون)

٤ – الخلايا الصغيرة Microglia خلايا صغيرة وظيفتها التهامية .

٥ – خلايا شوان Schwann cells تكون غلاف عصبى يحيط بالألياف العصبية .

الإقترانات العصبية Synapses

يتفرع محور الخلايا العصبية إلى أفرع كثيرة عند إقترابه من جسم خلية عصبية أخرى تسمى بالاستطالات الطرفية والتى تتضخم نهايتها مكونة عقد Button or Knob تحوى حويصلات الناقل العصبى . هذه العقد قد تلامس جسم الخلية أو الزوائد الشجرية أو محور الخلية العصبية التالية (شكل ٩ ـ ١) . وتسمى نقط اتصال نهاية فروع محور خلية بخلية أخرى بالتشابك أو الإقتران العصبى وعادة ما يوجد بين الأثنين شق أو فجوة تشابكية Cleft قطرها نحو ٢٠ نانومتر تنتشر إليها الناقلات العصبية Neurotransmitters التى تعمل على نقل الإشارات العصبية .

المستقبلات العصبية Nerve Receptors

هى عبارة عن أنسجة عصبية خاصة حساسة لتغيرات البيئة الخارجية والداخلية وتقوم بتحويل هذه التغيرات (المؤثرات) إلى نبضات عصبية كما أنها تصنف حسب المؤثرات فيستجيب بعضها للضوء والآخر للحرارة وهكذا . التركيب التشريحى للمستقبلات مختلف فقد يكون عبارة عن نهايات متحورة للأعصاب الحسية أو تتكون من نسيج طلائى متحور (مثل مستقبلات الشم والتذوق) يتصل بنهايات العصب الداخل Afferent nerve (شكل ٩ ـ ٣) . وتنقسم المستقبلات تبعا لموقعها إلى قسمين :

١ – مستقبلات خاصة بالمنبهات التى تنشأ خارج الجسم فى البيئة الخارجية وتسمى مستقبلات خارجية Exteroceptors . ويشمل هذا النوع المستقبلات الخاصة باللمس والحرارة والألم وكذلك المستقبلات الخاصة مثل السمع والنظر وهى موجودة على السطح الخارجى للجسم .

٢ – مستقبلات خاصة بالمنبهات التى تنشأ داخل الجسم وتعرف بالمستقبلات الداخلية Interoceptors . وهى توجد بالأحشاء الداخلية والقلب الأوعية الدموية والمثانة. وتتأثر بتغير النشاط أو حالة الأعضاء الداخلية وضغط الدم وسوائل الجسم وتركيبها كما توجد فى العضلات والأوتار المفاصل وتعرف بمستقبلات الحس الخاصة Propriceptors . وهى تحس بتغير توتر العضلات وتعطى الكائن إحساسه

بموقع جسمه .

كما أن المستقبلات العصبية تقسم تبعا لطبيعة ونوع المؤثر فتوجد المستقبلات الميكانيكية Mechanoreceptors التى تتأثر بالضغط أو اللمس ، المستقبلات الحرارية Thermoreceptors التى تتأثر بتغير حرارة البيئة ، المستقبلات الكيماوية Chemoreceptors وتتأثر بالمركبات الكيماوية المختلفة مثل مستقبلات الطعم والرائحة ، المستقبلات الضوئية Photoreceptors وتتأثر بشدة وطول موجه الضوء وتوجد بالعين ومستقبلات الألم Pain receptors التى توجد بالجلد أو بالأعضاء الداخلية .

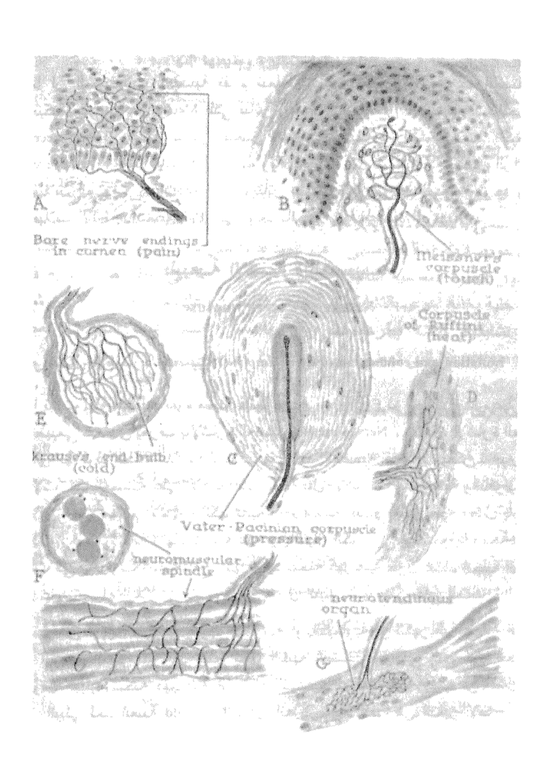
طبيعيــة الإشــارة العصبيــة

Nature of Nerve impluse

بـدأ وانتقـال الإشــارة العصبيـة Initiation and conduction of nerve Impulse

إذا نبهت ليفة عصبية بقوة معينة فإنها تتهيج Excitation ثم يحدث انتقال عبارة عن تغير طبيعى كيماوى يعرف بالإشارة العصبية Nerve impulse . وتنتقل الإشارة العصبية ذاتيا أى أنها تولد الطاقة اللازمة لإنتقالها من الليفة العصبية نفسها . ويمكن تشبيه عملية نقل الإشارات العصبية على الاكسونات بعملية نقل الإشارات الكهربائية والتلفونية على الأسلاك . ففى معظم الأجهزة الكهربائية يلزم مصدر للتيار الكهربائى يتصل بأطراف الأسلاك . أما فى حالة النهايات العصبية فإن التيار الكهربائى يولد حولها نتيجة حدوث تغيرات فى الظروف البيئية ينتج عنها توليد شحنة كهربائية حول غشاء الخلية العصبية تنتقل على الغشاء البلازمى بنفس كيفية انتقال التيار الكهربائى على السلك .

ينتج عن تغير الظروف البيئية الطبيعية أو الكيماوية أو الكهربائية لنهاية العصب توليد الشحنة الكهربائية التى ينتج عنها التنبيه العصبى . ولكى ينتج عن التغير فى الظروف البيئية شحنة كهربائية أو تنبيه للنهايات العصبية فإنه يجب أن تصل كمية التغير البيئى لحد العتبة Threshold . أى أنه يلزم حد أدنى من التغير لإنتاج الشحنة الكهربائية وأى تغير بيئى أقل من هذا الحد الأدنى لا ينتج عنه إنتاج شحنة كهربائية على الأكسون وبالتالى لن ينتج عنه تنبيه عصبى وهذا ما يسمى بقاعدة الكل أو العدم All or None rule . ويقدر هذا الحد الأدنى بحوالى ١٥ - ٢٠ مللى فولت على الأقل . أما أى تغير ينتج عنه أكثر من هذا الحد الأدنى فإنه يحدث التنبيه العصبى وتتساوى درجات التنبيه



شــكل ٩ ـ ٣ : بعض أنواع المستقبلات العصبية الموجودة على سطح جسم الحيوان وداخله ـ A ـ مستقبلات الألم بقرنية العين ، B ـ مستقبلات اللمس ، C ـ مستقبلات الضغط ، D ـ مستقبلات الحرارة ، E ـ مستقبلات البرد ، F ـ مستقبلات عضلية ، G ـ مستقبلات بالأوتــار
(عن فرانـدســون)

العصبى الناتجة عن شحنة كهربائية أعلى من ٢٠ مللى فولت . أى أن مقدار التنبيه العصبى لا يتناسب طرديا مع قوة الشحنة الكهربائية الناتجة إذ أنها عملية إما أن تحدث أو لا تحدث .

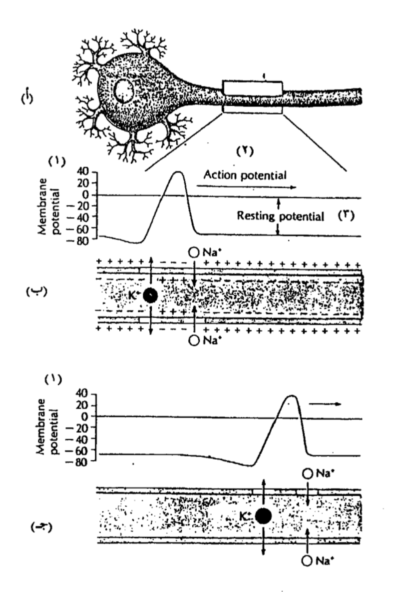
يحدث التنبيه العصبى فى الكائن الحى عادة نتيجة لعدة أنواع من المنبهات مثل تغير الضغط الاسموزى أو الحموضة أو الضغط الجوى أو الحرارى أو الضوء والحرارة والجاذبية الأرضية . هذا التغير أو التنبيه عبارة عن نوع من أنواع الطاقة التى تجعل البروتوبلازم يستجيب للتنبيه . وعادة فإن خلايا الجسم تتميز بوجود تركيز عال من البوتاسيوم والانيونات العضوية الكبيرة (البروتينات والأحماض النووية) بداخلها وبتركيز عالى من الصوديوم والكالسيوم خارجها . ولذلك نجد أن الشحنات الكهربائية الموجبة توجد خارج الخلية والشحنات السالبة داخلها . وتقاوم الخلية إرتفاع تركيز الصوديوم داخلها حيث يقوم نظام النقل النشط بطرد القدر الزائد من الصوديوم من داخل الخلية لخارجها بحيث يحفظ إرتفاع تركيز البوتاسيوم داخل الخلية والصوديوم خارجها . وتبلغ قيمة فرق الجهد الكهربائى بين داخل وخارج الخلية عند الراحة Resting Potential نحو ـ ٧٠ مللى فولت حيث تكون الخلية فى حالة استقطاب polarized (شكل ٩ ـ ٤) .

حدوث التغيرات البيئية ينجم عنه شحنة كهربائية كيميائية حول نهاية العصب فى منطقة التغير أو التنبيه . تدخل الشحنات الكهربائية للخلية وتعادل الشحنة الكهربائية الموجودة على الغشاء البلازمى فى تلك المنطقة وبذلك لا يكون لهذه الشحنة المتعادلة أى قوة فى منع دخول الصوديوم وخروج البوتاسيوم فى تلك المنطقة . وتسمى هذه العملية إزالة الشحنة الكهربائية أو إزالة استقطاب الخلية Depolarization وتتم بسرعة وينجم عنها ما يسمى بإنتاج فعل الجهد Action potential والذى فيه تنعكس صورة الشحنة الكهربائية على الغشاء بتلك المنطقة بحيث تصبح سالبة من الخارج وموجبة من الداخل ويصبح جهد الغشاء عند قمته Spike potential فيكون نحو + ٣٠ مللى فولت والذى يسمى النبضة أو الإشارة العصبية .

بعد حدوث حالة التغير السابق شرحها فى منطقة التنبيه العصبى تنتقل الشحنة الكهربائية الجديدة المتكونة على السطح الداخلى والخارجى للاكسون بأن يحدث تعادل بين الشحنات الكهربائية الجديدة والقديمة على أسطح الغشاء البلازمى بحيث تسير الشحنة الجديدة فى إتجاه سير التنبيه العصبى المطلوب . ويمكن تشبيه عملية انتقال الشحنة هذه بفقاعة هوائية تسير داخل أنبوبة زجاجية مملوءة بالماء.بعد مرور الشحنة الكهربائية من كل منطقة على الاكسون يعود ثانية لحالته الطبيعية بأن يتم نقل الصوديوم

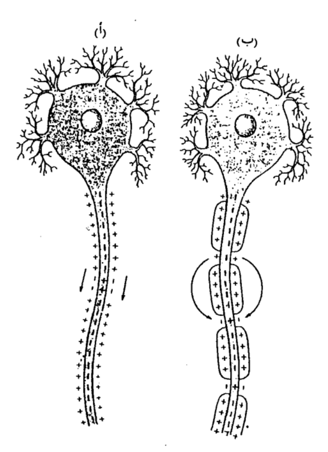
الموجود داخل الخلية نقلا نشطا لخارج الخلية كى يعود التركيب الكيماوى للسيتوبلازم فى تلك المنطقة لحالته الطبيعية (شكل ٩ ـ ٤) وتعود الخلية لحالة الاستقطاب Repolarization ويعود جهد النشاط لحالته Negative after potential .

ويحدث هذا النوع من النقل المستمر Continous conduction على الليفات العصبية العارية أو عديمة الميلين Non-myelinated fiber حيث يستمر النقل خلال غشاء الخلية



شكل ٩ ـ ٤ : بدأ وانتقال الاشارة العصبية حيث تبدأ الإشارة داخل الخلية (أ) وتسير لليمين. ويتضح فى الجزء (ب) التغير فى الجهد الكهربائى للغشاء عند نقل الاشارة والتغيرات المصاحبة فى تركيز الصوديوم والبوتاسيوم (جـ) حول الغشاء . ١ ـ فرق جهد الغشاء ، ٢ ـ فرق الجهد الفعال ، ٣ ـ فرق الجهد عند الراحة
(عن هيكمان وآخرون)

كله . أما فى الليفات العصبية المحاطة بغلاف ميلينى Myelinated fiber فإن نقص الاستقطاب وتدفق التيار الكهربائى يحدث فقط عند عقد رانفير والتى تبعد عن بعضها عدة ملليمترات ، وعلى ذلك فإن التيار يقفز من قطعة للأخرى على طول الليفة العصبية ولذلك يسمى هذا النوع من نقل السيال العصبى النقل بالقفز Saltatory conduction (شكل ٩ ـ ٥) ، وهو يحدث بسرعة أكبر عن النقل المستمر .



شكل ٩ ـ ٥ : نقل الإشارات العصبية خلال الليفة العصبية العارية (أ) والليفة المغلفة بغلاف نخاعى (ب) .
(عن هيكمان وآخرون)

تسير التنبيهات العصبية على الاكسونات فى الخلية العادية فى إتجاه واحد فقط فأعصاب الحس تنقل الإحساس من المستقبلات للجهاز العصبى المركزى أما أعصاب الحركة فهى تسير من الجهاز العصبى إلى العضلات . إلا أنه فى الظروف المعملية يمكن نقل الإشارات الكهربائية على العصب فى كلا الإتجاهين وذلك عند قطع عصب

وتوصيله ببطارية جافة . وتسير الشحنات الكهربائية على الألياف العصبية بسرعة عالية تصل لأكثر من ١٠٠ متر / ثانية . وكلما زاد قطر العصب زادت سرعة التوصيل وهذا النوع من الأعصاب يوجد فى الحيوانات حيث تتطلب سرعة التوصيل التنبيهى لأداء وظيفة معينة.وتقدر سرعة نقل الإشارات العصبية فى الحيوانات بحوالى ٣٠ ـ ١٢٠ متر / ثانية فى الثدييات ، ٥٠ ـ ٦٠ متر / ثانية فى الأسماك ٩ ـ ١٢ متر / ثانية فى الصرصار ، ٧, متر / ثانية فى دورة الأرض .

انتقال الإشارات العصبية للعضلات وبين الخلايا العصبية

عند إلتقاء الاكسون بالعضلات فإن نهاية الاكسون تتفرع إلى زوائد عصبية دقيقة تتصل كل زائدة بخلية عضلية (أو ليفية عضلية) بواسطة ما يسمى بالصفيحة العصبية End Plate والتى تفرز مادة الاستيل كولين Acetyl choline عند تنبيه العصب للخلية العضلية . وهذه المادة تعمل كمادة ناقلة عصبية حيث تحدث شحنة كهربائية على الليفة العضلية مما يؤدى لحدوث حالة إزالة الاستقطاب Depolarization مشابهة لما سبق ذكره فى الأعصاب وبالتالى تتقلص الليفة . إذا استمر وجود مادة الاستيل كولين فإن الليفة تستمر فى عملية التقلص ولذلك فإنها تتفكك مباشرة عقب كل عملية تنبيه نتيجة إفراز الصفيحة العصبية لأنزيم الاستيل كولين استراز Acetylcholine esterase الذى يحلل هذه المادة .

عند اتصال الصفيحة العصبية بجسم خلية عصبية أخرى عند الإقتران العصبى فإن إفرازها لمادة الاستيل كولين عند وجود إشارة عصبية يتيح استمرار سير الإشارة ونقلها للخلية العصبية الثانية بنفس الطريقة السابق ذكرها مما يسمح بمرور الإشارة العصبية فى إتجاه واحد . وتشير الأدلة إلى أن جميع الإقترانات العصبية التى بالجهاز العصبى الزاتى (بما فيها الجهاز السمبثاوى) تعتمد على الاستيل كولين كناقل عصبى ولكن الناقل العصبى فى الأطراف للجهاز العصبى السمبثاوى هى النورادرينالين والادرينالين .

فى الجهاز العصبى المركزى CNS فإن الاستيل كولين لا يلعب نفس الدور المذكور فى النقل كما عند الإقتران العصبى . ولا يعرف تماما المادة الرئيسية التى تعمل كوسيط فى الجهاز العصبى المركزى حيث توجد مواد عديدة تحتوى على النيتروجين تسمى الامينات Amins يحويها الجهاز العصبى المركزى بتركيزات عالية ولها تأثيرات فسيولوجية . وواحد من هذه المركبات هو حمض الجاما أمينوبيوتريك (GABA) والذى يبدوا أن تأثيره مثبطا أكثر عماله من تأثير منبه . وتوجد مواد عديدة مثل السيرتونين

والميلاتونين تقوم بتأثيرات معينة بالجهاز المركزى ويعتقد بأن الوظيفة الطبيعية للجهاز العصبى المركزى ربما تعتمد على عدة مواد بسيطة بعضها ذو أثر منبه والآخر مثبط .

الفعـل الانعكاســـى Reflex action

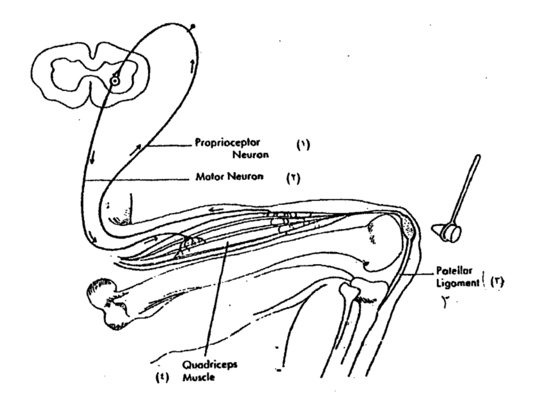
نشاط أو تفاعل العضو المتأثر بواسطة الجهاز العصبى المركزى يطلق عليه الفعل الانعكاسى.وهو يعتبر الوحدة الوظيفية للجهاز العصبى ويتم عن طريقه ربط البيئة الخارجية للجسم بجميع اجزاؤه وكذلك ربط جميع أعضاء الجسم ببعضها البعض . ويقصد بالفعل الانعكاس العصبى Reflex action جميع العمليات التى تحدث داخل جسم الكائن الحى والتى تنشأ كرد فعل ذاتى (لا إرادى) إستجابة لفعل مؤثر ما ويشترك فيها الجهاز العصبى المركزى . ويسمى الطريق الذى تمر منه النبضات العصبية بالقوس الإنعكاسى Reflex arc ويبدأ من المستقبل وينتهى بالعضو الذى سيقوم بالرد على المؤثر (عضلات أو غدد) ويشمل ذلك الطريق خليتين عصبيتين على الأقل ولكن عادة ما يتألف من ثلاثة خلايا وهى :

١ – خليـــة حســــية Sensory or afferent neuron .
٢ – خليـــة متأثـرة أو محركـــة Motor or efferent neuron .
٣ – خليـــة وســـطى Interneuron .

ويعتبر رد الفعل عمل لا إرادى فالأعمال الإرادية لا تدخل ضمن رد الفعل ولكن أساس النظام العصبى فى إنتاج كلا الحالتين واحد . ورغم أن رد الفعل يحدث لا إراديا إلا أن كثيرا منه يكون مصحوب أو يتبعه تفاعل شعورى فمثلا إذا لامس الجلد جسم ساخن فإن العضو وليكن الساق تستجيب لرد الفعل غير أن الحيوان يشعر بالألم لوصول الإشارة العصبية لمستويات أعلى بالجهاز العصبى .

وينقسم رد الفعل إلى نوعين أولهما رد الفعل غير الشرطى Unconditioned reflex ويشمل رد الفعل الذى يولد به الحيوان وينتقل بالوراثة ويظهر الكثير منه بعد الولادة مباشرة مثل إفراز اللعاب انعكاسيا بمجرد أن يدخل اللبن فم الحيوان الرضع أو انتفاض الركبة عند طرق روابط الركبة بمطرقة (شكل ٩ ـ ٦) المسمى بردالفعل الفارد Stretch reflex . النوع الثانى رد الفعل الشرطى Conditioned reflex ويشمل كل رد فعل مكتسب بواسطة الفرد أثناء حياته وسماه عالم الفسيولوجى بافلوف Pavlov بذلك لأنه يتوقف على كثير من الشروط ويمكن إعتباره عادة ومن أمثلة ذلك إفراز اللعاب عند رؤية الطعام . ومن المعروف أن وجود الطعام فى فم الكلب يسبب إفراز اللعاب وهذا يعتبر رد فعل

غير شرطى ولكن بإكتمال تكوين الكلب فإنه يكتسب رد الفعل الذى يسبب إفراز اللعاب إذا رأى وشم رائحة الطعام المألوف له إذا كان جائعا وهذا يعرف برد الفعل الشرطى الطبيعى Natural conditioned reflex . ولا يمكن للحيوانات آكلة العشب اكتساب رد الفعل الشرطى الخاص بإفراز اللعاب . وإذا تم عمل حدث معين كرنين جرس أو إضاءة لمبة كهربائية أثناء تقديم الطعام للكلب واستمر هذا لفترة يأتى الوقت الذى عنده يحدث إفراز للعاب بمجرد سماع الصوت وحدة وبدون طعام وهذا يسمى برد الفعل الشرطى التجريبى أو المكتسب Experimental (acquired) cond. Reflex . والأفعال الانعكاسية المشروطة كما ذكر العالم بافلوف عبارة عن وسائل تنظيمية يستطيع الكائن الحى عن طريقها أن يتكيف مع ظروف البيئة المختلفة .



شكل ٩ ـ ٦ : يوضح رد فعل انتفاض الركبة عند طرق روابط عظام رأس الركبة بمطرقة حيث تمر النبضة العصبية الناجمة عن الطرق عند الألياف العصبية إلى الحبل الشوكى الذى يرد عليها بواسطة العصب المحرك (عن فراندسون)

(١) خلية مستقبلة (٢) خلية محركه (٣) رباط رأس عظمة الركبة (٤) العضلة رباعية الرؤوس

عند حدوث أى تغيير فى البيئة الخارجية أو الداخلية ينتقل الإحساس بذلك التغيير من مستقبلات الجسم المختلفة ويوجه إلى عدة مراكز عصبية ثم يحدث رد فعل من أحد مستويات الجهاز العصبى أو من أكثر من مستوى وهى :

١ – مستوى الحبل الشوكى Spinal reflex فعند تنبيه المستقبلات العصبية بالأمعاء قد يحدث رد فعل من المراكز العصبية بالحبل الشوكى أوتنتقل الإشارات إلى أعلى حيث يوجد مركز تنظيم الجهاز الهضمى بالنخاع المستطيل وكذلك من أمثلة ردود الأفعال التى تحدث على مستو الحبل الشوكى شد عضلات الركبة (شكل ٩-٦) .

٢ – مستوى النخاع المستطيل وقاعدة المخ حيث تؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون بالدم لإنتقال التنبيه العصبى من المستقبلات الموجودة بالأوعية الدموية بمراكز تنظيم ضربات القلب والتنفس بالنخاع المستطيل فتنبهها كما أن مراكز الكحه والترجيع والعطش توجد بالنخاع المستطيل أما إنعكاسات المشى فتوجد بالمخيخ .

٣ – مستوى الهيبوثلاماس الذى يعتبر المركز الأعلى للتنظيم الذاتى والمسئول عن التوافق الزمنى والعملى لنشاط أجهزة الجسم .

٤ – مستوى قشرة المخ والذى يحتوى على مراكز الذاكرة وتنظيم النشاط الفسيولوجى للجسم ويمكن عن طريق القشرة ربط وتنظيم عمل جميع المراكز العصبية الأخرى ويجعلها تعمل كوحدة واحدة .

تركيب الجهاز العصبى Organization of N.S.

يتركب الجهاز العصبى فى الفقاريات من قسمين رئيسين هما الجهاز العصبى المركزى Central Nervous system (CNS) ويشمل الدماغ Brain والحبل الشوكى Spinal cord . والقسم الآخر هو الجهاز العصبى الطرفى Peripheral Nervous system (PNS) ويشمل الأعصاب الدماغية والأعصاب الشوكية والجزوع العصبية التى هى عبارة عن تجمعات للمحاور وتجمعات أجسام الخلايا العصبية التى تسمى بالعقد Ganglions التى توجد خارج المخ والحبل الشوكى .

أولا : الجهاز العصبى المركزى

يتكون من الدماغ والحبل الشوكى ويحتوى على المادة الرمادية Gray matter التى تتكون من أجسام الخلايا العصبية وزوائدها القصيرة ويدعمها النسيج الضام العصبى

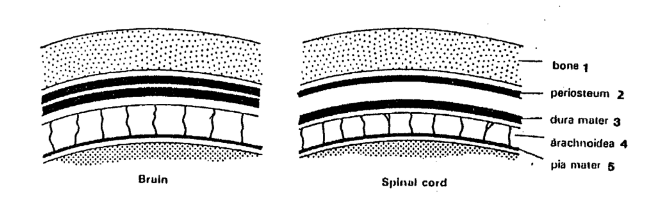
Neuroglia . كذلك يحتوى على المادة البيضاء White matter التى تتكون من الألياف العصبية الداخلة والخارجة من الخلايا العصبية وتحتوى جزء بسيط من النسيج الضام .

ويحيط بالمخ والحبل الشوكى غلاف يتكون من ثلاثة أغشية Meninges (شكل ٩ - ٧) هى من الداخل للخارج :

١ - الام الحنــون Pia matter وهو غشاء رقيق غنى بالأوعية الدموية ويلاصق أنسجة الدماغ مباشرة .

٢ - الام العنكبوتيــة Arachnoid يلى الام الحنون وهو غشاء عضلى شفاف . المسافة بين الغشاء العنكبوتى والام الحنون تحتوى على السائل المخى النخاعى الذى يقى المخ من الاحتكاك بالعظام .

٣ - الام الجافيـــة Dura matter وهو غشاء ليفى متصل بجدار الجمجمة وقناة العمود الفقرى .



شكل ٩ - ٧ : الأغشية المحيطة بالمخ والحبل الشوكى .
١ - العظام ٢ - السمحاق ٣ - الام الجافية ٤ - العنكبوتية ٥ - الام الحنون
(عن هيث وأوليسانيا)

أ - الدمـــاغ The Brain (Encephalon & Cerebrum)

الدماغ عبارة عن الجزء المنتفخ للطرف العلوى للحبل الشوكى ويوجد داخل عظام الجمجمة . ويبلغ متوسط وزن الدماغ فى الإنسان البالغ نحو ١٣٥٠ جم وهو يقل فى

الإناث عن الذكور بنحو ١٠٪ نظرا لأن وزن الإناث أقل من وزن الذكور . ومخ جميع الحيوانات (ماعدا الشواذ) أقل نسبيا عن الإنسان إذ يبلغ وزن مخ الخيل ٦٥٠ جم والماشية نحو ٥٠٠ جم والأغنام نحو ٣٥٠ جم .

ومن الناحية التشريحية فإن الدماغ يقسم إلى ثلاثة أجزاء هى ساق الدماغ Brainstem والمخيخ Cerebellum والنصفين الكرويين (المخ) Cerebrum . ويقع ساق الدماغ فى الجانب البطنى للمخ ويتكون من امتداد رأس الحبل الشوكى ويضم النخاع المستطيل وقناة فارولى والدماغ الأوسط والبينى . (شكل ٩ - ٨ ، ٩) . على أنه عادة ما يقسم الدماغ للأقسام التالية :

١ - النخاع المستطيل Medulla oblongata (Myelencephalon) .
٢ - الدماغ الخلفى Hind Brain (Metaencephalon) .
٣ - الدماغ المتوسط Mid Brain (Mesencephalon) .
٤ - الدماغ البينى Between Brain (Diencephalon) ويضم المهاد (الثلاماس) وتحت المهاد (الهيبوثلاماس) .
٥ - الدماغ الأمامى Fore Brain (Telencephalon) والنصفين الكرويين (المخ) Cerebral Hemispheres وقد يطلق عليه نهاية الدماغ End Brain .

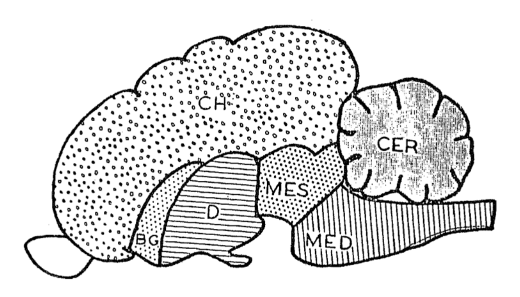
١ - النخاع المستطيل Medulla oblongata

عبارة عن الجزء الخلفى للدماغ . ويقع أمام الحبل الشوكى مباشرة حيث يعتبر بداية له . ويختلف فى تركيبه عن المخ والمخيخ فى أن المادة الرمادية توجد فى الداخل والمادة البيضاء فى الخارج . وبمرور الألياف العصبية الآتية من المخ للخلف تمر فى ضفائر تتقاطع مع بعضها البعض فى إتجاه مضاد بحيث لو حدثت إصابة فى المنطقة اليمنى من المخ فإن التأثير العصبى يكون فى المنطقة اليسرى من الجسم .

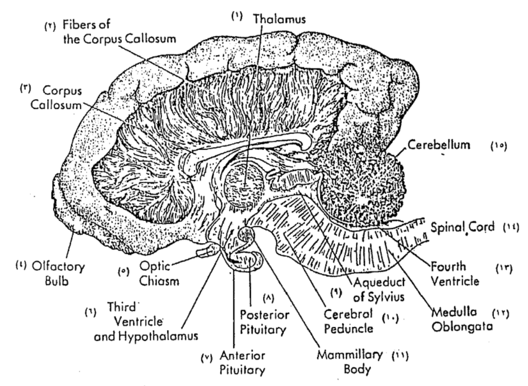
ويوجد بالنخاع الشوكى كثير من المراكز العصبية التى تنظم عمليات حيوية هامة بالجسم مثل تنظيم حركة التنفس وضربات القلب وإفراز اللعاب والعصارة المعدية وحركات المرىء والمعدة والأمعاء أى الأحشاء الداخلية .

٢ - الدماغ الخلفى Metaencephalon

ويشمل المخيخ وقنطرة فارولى . ويوجد المخيخ Cerebellum فوق النخاع المستطيل ويتكون من نصفين كرويين بينهما جزء وسطى . الطبقة السطحية هى التى تحتوى



شـكل ٩ ـ ٨ : رسـم توضيحـى لأجـزاء مـخ الثدييات CH ـ النصفين الكرويين ، BG ـ العقد القاعدية ، D ـ الدماغ البينى ، MES ـ الدماغ المتوسط ، CER ـ المخيخ و MED ـ النخاع المستطيل
(عن فراندسـون)



شـكل ٩ ـ ٩ : رسـم توضيحـى لأجزاء الدمـاغ موضحـا فيه موقع الأجـزاء الداخليـة للدمـاغ

(١) المهاد (٢) ألياف الجسم الجاسىء (٣) الجسم الجاسىء (٤) البصيلة الشمية (٥) التقاطع البصرى (٦) البطين الثالث وتحت المهاد (٧) النخامية الأمامية (٨) النخامية الخلفية (٩) قناة سليفاس (١٠) السويقات المخية (١١) الأجسام الحلمية (١٢) النخاع المستطيل (١٣) البطين الرابع (١٤) الحبل الشوكى (١٥) المخيخ

أجسام الخلايا العصبية أما بالداخل فيوجد النسيج الأبيض المحتوى على الألياف العصبية التى تربط النخاع المستطيل بالأجزاء العيا للدماغ . ووظيفة المخيخ هى تنظيم حركة الجسم وحفظ التوازن أما هذه الحركات فمن عمل المخ كما يقوم المخيخ بالتأثير على نشاط الأحشاء الداخلية .

قنطـرة فارولـى pons varolli عبارة عن حزمة ضخمة من الألياف العصبية التى تمر عرضيا أمام النخاع المستطيل وتصل جزئى المخيخ على الجانبين ببعضهما . ويوجد بالقنطرة المركز الخاص بقفل جفون العين تلقائيا عند وجود الضو الساطع .

٣ - الدمــاغ المتوســط Mesencephalon

يوجد أمام المخيخ وقنطرة فارولى وخلف مقدمة الدماغ Fore brain . وطوله نحو ٢ سم ويتكون من حزمتين تشبه الجزوع من المادة البيضاء التى يطلق عليها السويقات المخية cerebral peduncles التى تحمل الإشارات المارة من والى المخ والحبل الشوكى . كما وتمر به قناة مركزية ضيقة cerebral aqueduct تربط بين البطين الرابع (فى النخاع المستطيل) والبطين الثالث (فى تحت المهاد) .

وينتمى له الاجسام الرباعية corpora quadrigemina وهى عبارة عن اربعة ارتفاعات على سطح المخ المتوسط وهى مراكز ما يسمى بالانعكاسات الموجهة مثل تنظيم مجموعة حركات الجسم استجابة للضوء والسمع رغما عن انها ليست مراكز الابصار والسمع حيث يوجد بها مراكز العصبين المخيين الثالث والرابع اللذين يمدا عضلات العين بالاعصاب ... كما ينتمى له النواه الحمراء Red Nucleus والمادة السوداء Substancia nigra وترتبط وظيفتهم بتنظيم درجة توتر العضلات الهيكلية .

٤ - الدمــاغ البينــى (ما بين المخ) Diencephalon

عبارة عن كتلة من المادة الرمادية (أجسام الخلايا العصبية)تقع فوق وأمام الدماغ المتوسط . وتمثل مجموعة من التكوينات العصبية معقدة التركيب تشمل المهاد وتحت المهاد (شكل ٩ - ٩) .

المهـاد (الثلاماس) Thalamus :

ويمثل الجزء الرئيسى من الدماغ البينى وهو عبارة عن كتلة من المادة الرمادية تكون الجدران الجانبية والعلوية للبطين الثالث بالدماغ . وهو بيضاوى الشكل ويحده من الأمام القبوة Fornix والوصلة الأمامية للدماغ Anterior commissure ويحده من الخلف الأجسام

الركبية Geniculate bodies وهى تنتمى للمهاد ، ويوجد أسفله تحت المهاد . ويقوم المهاد بتنظيم وتنسيق الانفعالات وتصنيف الإشارات الحسية الواردة إليه وتوزيعها على المناطق المختلفة من القشرة وتحت المهاد . ويؤدى استئصال المهاد إلى فقد الإحساس بالألم والإحساس عن طريق الجلد والعضلات كما يؤثر بطريق غير مباشر على وظائف الأجهزة المختلفة فى الجسم .

تحـت المهــاد (الهيبوثلاماس) Hypothalamus :

يقع بجوار المهاد حيث يشغل قاع البطين الثالث وجزءا من جدرانه الجانبية . وهو يتركب من مجموعة متشابكة من الخلايا العصبية تكون مجموعة من الأنوية المميزة تؤدى كل منها وظائف محددة . ومن أهم أجزاء تحت المهاد الدرنة السنجابية Tuber Cinerum والأجسام الحلمية Mammillary bodies وهى تحتوى على المراكز العصبية . ويتصل الجزء الخلفى من الدرنة السنجابية بالغدة النخامية .

تحت المهاد يحتوى على المراكز العصبية المنظمة للتمثيل الغذائى ، فقد واكتساب الحرارة ، ضغط الدم الشريانى ، نشاط القلب وغير ذلك من الوظائف المحركة . كما أنه يقوم بتأثيرات منظمة من خلال تنظيمه لنشاط النخامية وبالتالى الغدد الصماء الأخرى . إتلاف تحت المهاد يتميز بحدوث إضطرابات فى عملية التنظيم الحرارى ، تمثيل البروتين والدهون والكربوئدرات والأملاح والماء . كما يحدث اضطرابات فى نشاط عديد من الغدد الصماء .

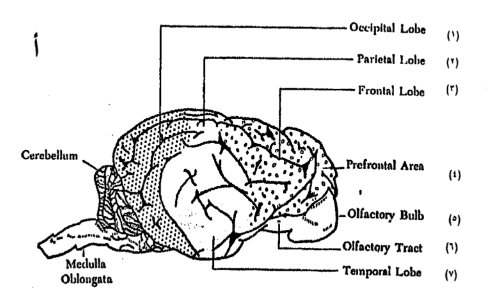
٥ - المـــخ (النصفين الكرويين) Telencephalon

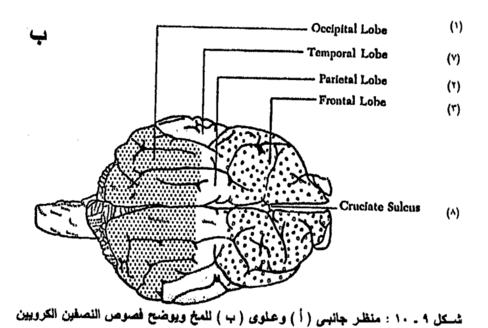
يشمل المخ النصفين الكرويين Cerebral hemispheres وهما أعلى أجزاء الدماغ والجهاز العصبى المركزى وهما أكبر أجزاءه وتختلط بينهما المادة الرماديةوالبيضاء ويقسما لمنطقتين :

(أ) منطقة القشرة Cerebral cortex وتتكون من الخلايا العصبية (مادة رمادية) .

(ب) منطقة تحت القشرة Subcortex تتجمع فيها المادة البيضاء فى شكل حزم تتخللها المادة الرمادية .

وينقسم المخ إلى قسمين جانبيين أيمن وأيسر يفصلهما شق طولى Longitudinal Fissure هذا الفصل يكون تاما فى الجبهة والمؤخرة ولكن فى المركز يتصل النصفين بواسطة حزمة عريضة من الألياف العصبية تسمى الجسم الجاسىء Corpus callosum . ولا يوجد أى اتصال مباشر بينهما وبين الجهاز العصبى الطرفى ولكن يتم الاتصال عن





شكل ٩ ـ ١٠ : منظر جانبى (أ) وعلوى (ب) للمخ ويوضح فصوص النصفين الكرويين (عن فراندسون)

(١) الفص المؤخرى (٢) الفص الجدارى (٣) الفص الجبهى (٤) المساحة قبل الجبهية (٥) البصيله الشميه (٦) القناة الشمية (٧) الفص الصدغى (٨) الأخدود الصليبى

طريق ساق الدماغ . ويقسم كل من نصفى المخ بواسطة عدة أخاديد Sulcus إلى أربعة فصوص (شكل ٩ ـ ١٠) هى كالآتى :

١ – الفص الجبهى Frontal lobe وهو مركز حركة الأقدام ، الذراع ، الرأس ، الشفاه واللسان .

٢ - الفـص الجـدارى Parital lobe وهو مركز الإحساس .

٣ - الفـص الصـدغى Temporal lobe وهو مركز السمع .

٤ - الفـص المؤخـرى Occipital lobe وهو مركز الرؤية .

ويرتبط نشاط خلايا النصفين الكرويين بالظواهر السيكولوجية المعقدة ، الإدراك ، الوعى ، النشاط الذهنى ، الذاكرة والفهم ، وكذلك توجد بهم مراكز الشم وتنظيم وتناسق الحركة كما أنهما يشتركان فى تنظيم وتنسيق عمل جميع المراكز العصبية الأخرى .

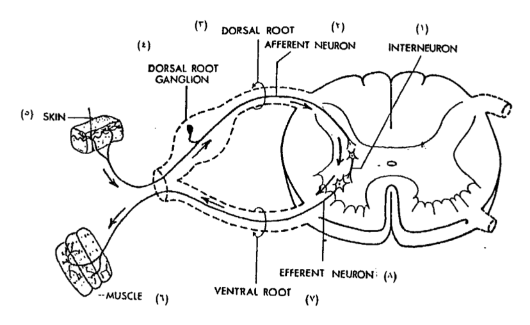
وإذا كنا نجد أن الجهاز العصبى لجميع الفقاريات يحتوى على الحبل الشوكى وساق الدماغ فإن النصفين الكرويين للدماغ ظهرا حديثا أثناء عمليات التطور واكتسبا وظائف جديدة هى الأفعال الإنعكاسية الشرطية .

ب - الحـبل الشـوكى Spinal Cord

عبارة عن حبل عصبى إسطوانى يمتد فى القناة الفقرية داخل العمود الفقرى وهو مثل النخاع المستطيل فى تركيبه حيث توجد المادة البيضاء فى الخارج والمادة الرمادية فى الداخل ويحيط به ثلاثة أغشية هى الام الحنون والعنكبوتية والام الجافية .

ويلاحظ عند عمل قطاع عرض فى الحبل الشوكى (شكل ٩ - ١١) أن المادة الرمادية تمتد فى المادة البيضاء على جانبى النخاع الشوكى مكونة ما يسمى بالقرون الخلفية أو الظهرية Dorsal Horns والقرون الامامية أو البطنية Ventral Horns كما يلاحظ وجود شق فى الجهة الظهرية يقابله شق آخر فى الجهة البطنية . يوجد بهذه الشقوق نسيج ليفى وكثير من الأوعية الدموية.وتحتوى المادة البيضاء على ألياف عصبية لتوصيل أجزاء الجهاز العصبى الرئيسى ببعضها ولبعض أجزاء النخاع الشوكى . ومن أمثلتها الألياف العصبية الموجودة فى المادة البيضاء والآتية من المخ ووظيفتها تنظيم الحركة اللا إرادية .

تخرج الأعصاب الشوكية من الحبل الشوكى فى أزواج على مسافات منتظمة من بين الفقرات على الجانبين . يخرج كل عصب بجذرين أحدهما ظهرى Dorsal root والآخر بطنى Ventral root . ويحتوى الجذر الظهرى على الأعصاب الواردة Afferent nerve وكل منهما له عقدة عصبية Ganglion تحتوى على أجسام الخلايا العصبية الخاصة بهذه الألياف وتقع على مقربة من الحبل الشوكى . والجذر البطنى يحتوى على الأعصاب الصادرة أو المحركة Efferent nerves . ويتصل كلا الجذرين على مقربة من الحبل الشوكى مكونين جرع عصبى مختلط Nerve trunk يحتوى على نوعى الأعصاب ويكون



شكل ٩ ـ ١١ : يوضح قطاع عرضى فى الحبل الشوكى والأعصاب الداخلة إليه والخارجة منه

(١) خليه عصبيه وسطى (٢) أعصاب داخله (٣) جذر ظهرى (٤) عقدة عصبية (٥) جلد (٦) عضلة (٧) جذر بطنى (٨) أعصاب خارجة

ذلك بعد العقدة العصبية الخاصة بأعصاب الحس الواردة .

يحتوى الحبل الشوكى على كثير من المراكز العصبية المسيطرة على وظائف هامة بالجسم منها المركز العصبى للتبول ومركز التبرز والمركز العصبى الخاص بانتصاب القضيب وآخر خاص بالقذف ومركز خاص بالوضع بالإناث.وفى الحيوانات السليمة تكون وظيفة الحبل الشوكى أيضا نقل إشارات حسية للمراكز العليا بالمخ كما أنه يجلب الإشارات الحركية المترتبة عليها وذلك تحت تحكم الإرادة ، كما أنه يسمح بعمل حركات رد فعل مناسبة .

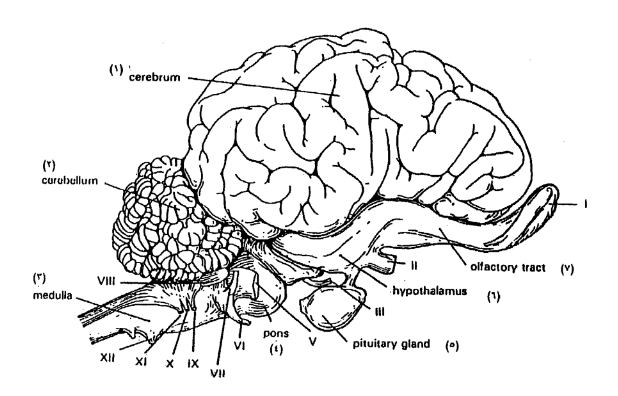
ثانياً : الجهـاز العصبـى الطـرفى :

يخرج من الدماغ والحبل الشوكى أزواج من الأعصاب الدماغية والأعصاب الشوكية تقوم بربط الدماغ مع جميع المستقبلات Receptors والأعضاء العاملة (الغدد والعضلات) وتكون هذه الأعصاب فى مجموعها الجهاز العصبى الطرفى . وتتكون أعصاب الدماغ وأعصاب الحبل الشوكى من حزم الألياف العصبية أما أجسام الخلايا العصبية فتوجد فى الجهاز العصبى المركزى مكونة تجمعات بجوار الدماغ والحبل الشوكى تسمى بالعقد العصبية Ganglions ويضم هذا الجهاز الأعصاب التالية .

١ - الأعصـاب الدماغيـة Cranial nerves وتخرج من المناطق المختلفة للدماغ (شكل

٩ ـ ١٢) ويبلغ عددها ١٢ زوج من الأعصاب تصل لأعضاء الحس (العين ـ الأذن) والعضلات والغدد الموجودة بالرأس وهى توجد فى كل الفقاريات تقريبا (جدول ٩ ـ ١) . أما فى الأسماك والبرمائيات فتوجد ١٠ أزواج من الأعصاب الدماغية حيث لا يوجد فيها العصبين الحادى والثانى عشر .

٢ ـ الأعصــاب الشــوكية Spinal nerves وهى أعصاب تخرج من الحبل الشوكى ويبلغ عددها نحو ٣١ زوج فى الإنسان ونحو ٣٧ زوج فى الحيوانات وهى مختلطة (حسية ومحركة) . وكل زوج منها متصل بمستقبل Receptor وعضو يستجيب للتنظيم العصبى القادم إليه من الجهاز العصبى المركزى . وتعتبر الأعصاب الإرادية المغذية للعضلات المخططة كعضلات الذراعين والأرجل من الأعصاب الشوكية .



شكل ٩ ـ ١٢ : شكل للجانب الأيمن لدماغ البقرة موضحا أماكن خروج الأعصاب الرأسية والمشار إليها الرومانية : ١ ـ النصفين الكرويين . ٢ ـ المخيخ . ٣ ـ النخاع المستطيل . ٤ ـ قناة فارولى . ٥ ـ الغدة النخامية ٦ ـ تحت المهاد . ٧ ـ العصب الشمى .
(عن هيث وأولبسانيا)

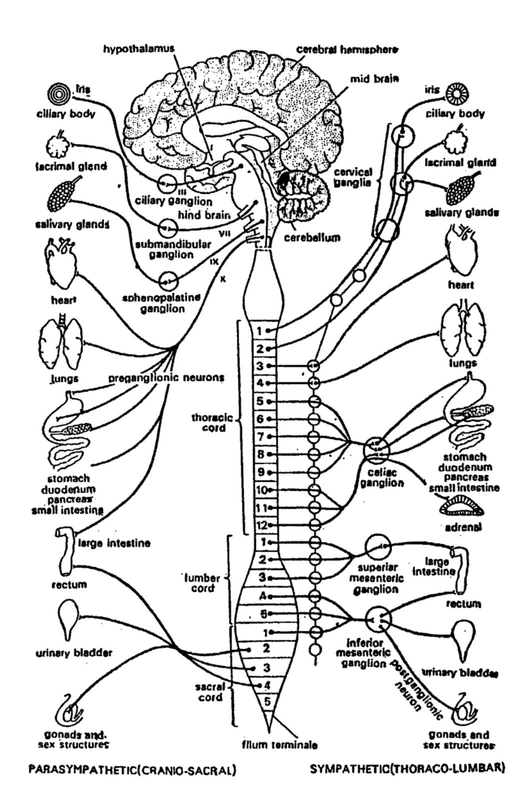
جدول ٩ ـ ١ : الأعصاب الدماغية فى الحيوانات الثديية

الرقم	الاسم		النوع	بداية ونهاية التأثير
١	الشمى	Olfactory	حسى	الانف ـ النصفين الكرويين
٢	البصرى	Optic	حسى	شبكية العين ـ النصفين الكرويين
٣	محرك العين	Oculomotor	محرك	الدماغ البينى-معظم عضلات العين
٤	البكرى	Trochlear	محرك	الدماغ المتوسط ـ العضلة المائلة للعين
٥	التوأمى الثلاثى	Trigeminal	مختلط-حسى	العين والوجه ـ النخاع المستطيل
			محرك	عضلات المضغ ـ النخاع المستطيل
٦	المبعد للعين	Abduceud	محرك	النخاع المستطيل ـ عضلات العين
٧	الوجهى	Facial	مختلط-حسى	الاذن واللسان ـ النخاع المستطيل
			محرك	النخاع المستطيل ـ عضلات الوجه
٨	السمعى	Vestibulocochlear	حسى	الأذن ـ النخاع المستطيل
٩	اللسانى البلعومى	Glossopharyngeal	مختلط-حسى	اللسان والبلعوم ـ النخاع المستطيل
			محرك	النخاع المستطيل ـ عضلات البلعوم
١٠	الحائر	Vagus	مختلط-حسى	الأحشاء الداخلية ـ النخاع المستطيل
			محرك	النخاع المستطيل ـ الأحشاء الداخلية
١١	الشوكى المساعد	Spinal accessory	محرك	النخاع المستطيل والحبل الشوكى ـ الرقبة والكتف .
١٢	اللسانى	Hypoglossal	محرك	النخاع المستطيل ـ عضلات اللسان

٣ – الجهاز العصبى الذاتى Autonomic Nervous System

هو الجزء من الجهاز العصبى الطرفى الذى ينظم نشاط الغدد والعضلات والأحشاء الداخلية للجسم مثل الأمعاء والمعدة والقلب والحجاب الحاجز . تكون تلك الأعصاب جهازا يسمى بجهاز الأعصاب اللا إرادية الذى ينقسم إلى قسمين هما الجهاز العصبى السمبثاوى Sympathatic N.S or Thoracolumbar N.S ويتكون من الأعصاب اللا إرادية الخارجة من منطقة الصدر والقطن . والجهاز العصبى الباراسمبثاوى Parasympathatic N.S or Craniosacral N.S الذى يتكون من الأعصاب اللا إرادية الخارجة من المنطقة العجزية والأعصاب الدماغية (شكل ٩ ـ ١٣) .

وجميع الأعضاء الموجودة فى التجويف البطنى مزودة بأعصاب لا إرادية من كلا الجهازين السمبثاوى والباراسمبثاوى لتنظيم حركة تلك الأعضاء ووظائفها



شكل ٩ ـ ١٣ : رسم توضيحى لأجزاء الجهاز العصبى الذاتى فى الثدييات الجزء السمبثاوى (على اليمين) والجزء الباراسمبثاوى (على اليسار) ويظهر على الجوانب الأعضاء والغدد التى تتلقى تمويلا عصبيا ذاتيا (عن فيرما وآخرون)

الفسيولوجية . إذ أن كل نوع من تلك الأعصاب تفرز مادة مضادة للأخرى فإذا كان التأثير الفسيولوجى للإفرازات عصب معين هو تنبيه العضو فإن إفرازات العصب الآخر تكون مثبطة لنشاط هذا العضو وذلك حتى يتمكن الحيوان من إحداث حالة إتزان لنشاطه الفسيولوجى .

تأثير أى عصب من الأعصاب اللا إرادية ليس ثابتا فى جميع الأعضاء فقد يكون التأثير منشطا لعضو معين ومثبطا لعضو آخر إلا أنه من الثابت أنه فى حالة تنشيط أحد الفرعين لعضو معين فإن الآخر يكون مثبطا لنفس العضو . فتنبيه الأعصاب السمبثاوية يؤدى لإرتخاء عضلات القناة الهضمية فى نفس الوقت الذى يحدث فيه تنبيه الأعصاب الباراسميثاوية العكس .

ويلاحظ أن تأثير الجهاز العصبى السمبثاوى على أنسجة الجسم المختلفة يكون من خلال إفرازه لمادة النورابنفرين Norepinephrine أما تأثير الأعصاب الباراسمبثاوية فيكون من خلال مادة الاستيل كولين Acetyl choline وتأثيراتهم الفسيولوجية متضادة .

أعضــاء الحس Sense organs

تتطلب حياة الحيوان تيارا مستمرا من المعلومات الصادرة من البيئة المحيطة أو من داخل الحيوان وذلك لتنظيم معيشتها . وأعضاء الحس هى مستقبلات خاصة صممت للتعرف على حالة البيئة وما يحدث فيها من تغير . وتعتبر أعضاء الحس بالحيوان هى مستواه الأول لإدراكه البيئى وهى أيضا قنوات استقبال المعلومات وتوصيلها للدماغ .

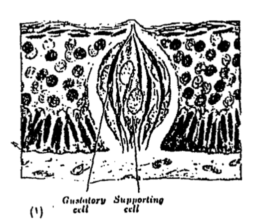
ولما كان المنبه العصبى Stimulus عبارة عن نوع من أنواع الطاقة (كهربية ، ميكانيكية ، كيميائية أو إشعاعية) فإن عضو الحس يقوم باستقبالها على مستقبلات خاصة Receptors ثم يحول طاقة المنبه إلى إشارات عصبية تنتقل على الألياف العصبية إلى مراكز خاصة بالجهاز العصبى المركزى الذى يترجم هذه الإشارات العصبية إلى أعضاء الإستجابة . أعضاء الحس تكون حساسة لنوع واحد من صور الطاقة المنبهة ، فالعين تستجيب فقط للضوء والأذن للصوت ومستقبلات الضغط للضغط والمستقبلات الكيماوية للجزئيات الكيماوية .

والحواس فى الفقاريات خمسة هى التذوق ، الشم ، اللمس ، السمع والأبصار .

١ - التــذوق Taste

عضو حاسة التذوق هو اللسان ويرجع ذلك الإحساس إلى مجموعة من خلايا الحس توجد فى حلمات الغشاء المخاطى للسان وبعضها أيضا يوجد فى الحنجرة والبلعوم وسقف الحلق . الخلايا الحسية توجد فى شكل براعم تسمى براعم التذوق Taste buds تتكون من خلايا مغزلية حساسة Gustatory cells تحيط بها خلايا مدعمة Supporting cells (شكل ٩ ـ ١٤) . ولبرعم التذوق فتحة خارجية دقيقة تبرز منها الأطراف الدقيقة للخلايا الحسية . وتتصل الخلايا الحسية بأفرع الألياف العصبية التى ترد لهذه الخلايا من العصب الدماغى الخامس والتاسع . وتعمل الخلايا الحسية عند حدوث تغير كيماوى فى السائل المحيط بها وهو السائل المخاطى الذى يفرزه الغشاء المخاطى المبطن للفم فتصدر إشارات عصبية للألياف العصبية التى تنقلها لمركز التذوق بالمخ .

ويستطيع الإنسان أن يميز أربع أشكال من التذوق هى الحلاوة ، المرارة ، الحامض والمالح ، ويعزى ذلك لأنواع مختلفة من البراعم . وتتركز براعم تذوق الطعم المالح والحلو فى طرف اللسان وتوجد براعم الطعم المر بقاعدة اللسان أما البراعم الخاصة بالطعم الحامض فتتركز على جانبى اللسان .



شكل ٩ ـ ١٤ : يوضح براعم التـذوق باللسان (١ ـ خلايا حسية ، ٢ ـ خلايا مدعمة) (عن فراندسون)

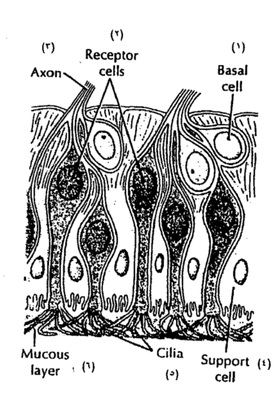
التذوق عامل هام فى مقدرة الحيوان على اختيار الأطعمة التى تحتوى على العناصر التى تنقصه . فمثلا نقص الفيتامينات تجعل الحيوان يختار الأطعمة التى بها نسبة عالية من الفيتامينات التى يحتاجها . أما الفئران منزوعة الادرينال فتفضل المحاليل الملحية على الماء النقى لكى تعوض الفاقد من الأملاح . والفئران منزعة الغدة الجاردرقية تفضل المحاليل المحتوية على الكالسيوم . هذه القدرة على تصحيح النواقص اليومية تفقد لو قطع العصب الحسى للتذوق .

٢ - الشـــم Smell

حاسة الشم تتركز فى تجويفى الأنف ، حيث أن عمق التجويف الأنفى يبطن بخلايا طلائية شمية Olfactory epithelium تضم بالإضافة إلى الخلايا الشمية المستقبلة Receptor cells خلايا دعامية Support cells وخلايا قاعدية Basal cells تفرز المخاط الذى يغطى السطح بمسحه مخاطية Mucous layer (شكل ٩ ـ ١٥) . الخلايا الحسية تتصل بألياف أحد الفصيين الشميين (العصب الدماغى الأول) الذى يصل للمركز الشمى بالدماغ .

ولكى يحدث الشم يجب أن تذوب المادة فى الماء والمادة الدهنية بالمخاط الذى يكسو الغشاء الشمى قبل أن تستطيع الوصول لخلايا الإحساس . وتطور الجهاز العصبى بالنسبة لحاسة الشم يختلف من حيوان للآخر فهو متطور جدا فى الكلب ومتخلف فى الإنسان .

وحاستا الشم والتذوق مرتبطتان ارتباطا قويا فإذا ضعف الشم ضعف معه التذوق كما يلاحظ عند إصابة الفرد بالبرد والرشح .



شكل ٩ ـ ١٥ : يوضح الطبقة الطلائية الشمية :
١ ـ خلية قاعدية ، ٢ ـ خلايا مستقبلة ، ٣- محور ، ٤ ـ خلية دعامية ، ٥ -أهداب . ٦-طبقة مخاطية

٣ - اللمس والألم Touch and Pain

عضو حاسة اللمس هو الجلد . ويستقبل إحساس اللمس عن طريق نهايات عصبية خاصة تسمى أجسام مسنر Meissner's Corpuscles (شكل ٩ ـ ٣) توجد بالقرب من سطح الجلد وكذلك نهايات كراوس البصيلية End bulb of krause المنتشرة فى عمق الجلد . وتتفاوت درجة الإحساس باللمس فى أجزاء الجسم المختلفة فهى قوية فى الشفتين واللسان والأجزاء الرقيقة من الجسم وضعيفة فى كثير من الأجزاء الأخرى السميكة .

إحساسات الضغط القوية تنتج من مستقبلات خاصة تسمى الحويصلات الباسينية Pacinian corpuscles تنتشر بين الخلايا الضامة تحت الجلد وحول المفاصل والعضلات والأوتار والمساريقا البطنية . وهى تتركب من نهايات عصبية تحيط بها طبقات من النسيج الضام الممتدة فى المركز مثل البصيلة (شكل ٩ ـ ٣) . الضغط الواقع على أى جزء من الحويصلة يغير من شكلها فيحدث جهد متدرج بالمستقبل وينجم عن ذلك سريان الإشارة العصبية .

مستقبلات الألم عبارة عن نهايات عصبية غير متخصصة نسبيا وتستجيب لمنبهات مختلفة حيث تبلغ بالإشارات عن تلف حقيقى أو متوقع للأنسجة .

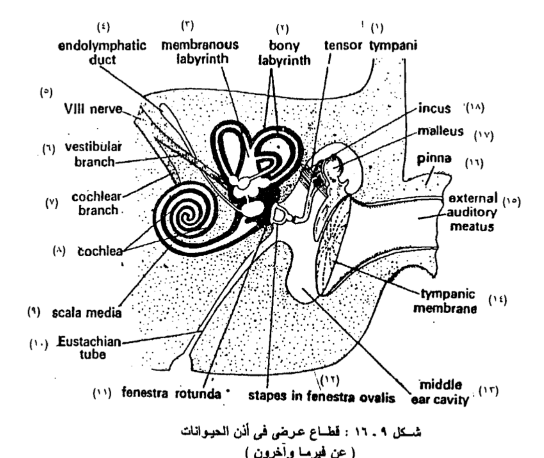
٤ - السمع Hearing

عضو حاسة السمع هو الأذن . فهى عبارة عن جهاز استقبال متخصص فى التعرف على الموجات الصوتية فى البيئة المحيطة . وتتركب الأذن من ثلاثة أجزاء : الأذن الخارجية، الأذن الوسطى والأذن الداخلية (شكل ٩ ـ ١٦) .

الأذن الخارجية Outer ear تتركب من الصيوان Pinna وهو الجزء الغضروفى الخارجى والذى يتحرك إراديا فى معظم الحيوانات ماعدا الإنسان ويقوم بتجميع الصوت وتحديد مصدره . وينتهى الصيوان إلى القناة السمعية الخارجية External auditory meatus . وتلك القناة مبطنة بغشاء مخاطى يحتوى على غدد تفرز مادة دهنية تسمى الصماغ وتقوم بنقل الصوت إلى غشاء الطبلة Tympanic membrane الذى يتكون من ألياف كولاجينية إشعاعية ودائرية ويغطى من الخارج بنسيج طلائى ومن الداخل يغطى بغشاء مخاطى ذو خلايا عمادية مهدبة ومسطحه الخارجى محدب فى إتجاه الصيوان .

الأذن الوسطى Middle ear عبارة عن تجويف ممتلىء بالهواء يفصله عن القناة

السمعية الخارجية الطبلة ويحتوى على سلسلة مميزة تتكون من ثلاثة عظيمات صغيرة هى المطرقة Malleus والسندان incus والركاب Stapes وتسمى بالعظيمات الأذنية Ear ossicles . وهذه العظيمات وظيفتها نقل الموجات الصوتية عبر الأذن المتوسطة واتصالها يكون فى غاية من الترتيب بحيث أن الموجات الصوتية المتجهة نحو الطبلة يمكن تكبيرها ٩٠ مرة قدر شدتها الأولى وذلك عند اتصال الركاب بالفتحة البيضاوية للأذن الداخلية . وتتصل الأذن الوسطى بالبلعوم عن طريق قناة استاكيوس Eustachian tube التى تعمل على تعادل ضغط الهواء على جانبى غشاء الطبلة .

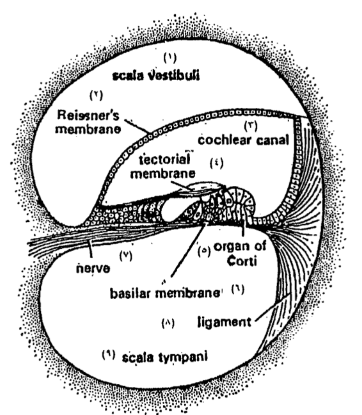


شكل ٩ . ١٦ : قطاع عرضى فى أذن الحيوانات
(عن فيرما وآخرون)

(١) العضلة الشادة للطبله (٢) الدهليز العظمى (٣) الدهليز الغشائى (٤) قناة الليمف الداخلى (٥) العصب الثامن (٦) الفرع الدهليزى (٧) الفرع القوقعى (٨) القوقعه (٩) السلم المتوسط (١٠) قناة استاكيوس (١١) الفتحة المستديرة (١٢) الركاب على الفتحة البيضاويه (١٣) تجويف الأذن الوسطى (١٤) غشاء الطبله (١٥) الفتحة الخارجية للأذن (١٦)صيوان الأذن (١٧) المطرقة (١٨) السندان

الأذن الداخلية Inner ear عبارة عن عدة تجاويف تحتوى على القوقعة Cochlea المسئولة عن السمع وكذلك التية Labyrinth وهو عضو التوازن . القوقعة هى عبارة عن عضو الإحساس بالموجات الصوتية وتتصل بالعصب السمعى الدماغى الثامن . وهى

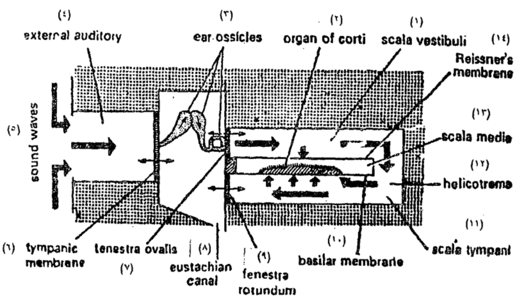
تلتف كصدفة القوقعة فتصنع بذلك لفتين ونصف وتنقسم طوليا إلى ثلاث قنوات تسير بطريقة متوازية وتستدق من القاعدة للقمة (شكل ٩ - ١٧) . تسمى إحدى هذه القنوات بالقناة الدهليزية Vestibular canal وقاعدتها مغلقة بالفتحة البيضاوية Oval window . القناة الثانية هى القناة الطبلية Tympanic canal وتتصل بالقناة الدهليزية عن طريق القوقعة وقاعدتها مغلقة عن طريق النافذة المستديرة Round window . وتصل القناة القوقعية Cochlear duct بين هاتين القناتين وهى تحتوى على عضو كورتى Organ of Corti الذى هو جهاز الإحساس . حيث بداخله تنتظم صفوف الخلايا الشعرية Hair cells التى تجرى بالطول من قاعدة القوقعة لقمتها ، وكل منها مزود بالكثير من الشعيرات التى تبرز إلى الليمف الداخلى Endolymph الموجود بالقناة القوقعية . وكل منها يتصل بخلايا عصبية من العصب السمعى . وتتركز شعيرات الخلايا على الغشاء القاعدى الذى يفصل القناة الطبلية والقناة القوقعية ، ويغطيها الغشاء السقفى Tectorial membrane الذى يقع فوق هذه الشعيرات مباشرة .



شكل ٩ - ١٧ : قطاع عرضى فى قوقعة أذن الحيوانات
(عن فيرما وآخرون)

(١) القناة الدهليزية (٢) غشاء رسنر (٣) القناة القوقعية (٤) الغشاء السقفى (٥) عضو كورتى (٦) الغشاء القاعدى (٧) عصب (٨) رباط (٩) القناة الطبلية

ويحدث السمع عندما تنتقل موجات الصوت خلال القناة السمعية الخارجية حتى تصل للغشاء الطبلى فيهتز تبعا لشدة تلك الموجات . تنتقل الاهتزازات من الغشاء الطبلى إلى عظام الأذن الوسطى ثم إلى غشاء النافذة البيضاوية ومنها إلى الليمف الخارجى Perilymph الموجود بقناة الدهليز بالقوقعة مما يؤدى لتنبيه الغشاء الدهيليزى أو غشاء رسنر Reissner's membrane فيهتز للداخل والخارج . تنتقل هذه الاهتزازات إلى اللميف الداخلى Endolymph بالقناة القوقعية وبعد ذلك من خلال الغشاء القاعدى إلى الليمف الخارجى بالقناة الطبلية مؤديا لحركة الغشاء المغطى للنافذة المستديرة . هذه الحركة للسائل تنبه الخلايا الشعرية لعضو كورتى ومنه تنتقل الإشارات خلال ليفات العصب السمعى للدماغ (شكل ٩ ـ ١٨) ويتم ترجمة الإشارات العصبية المحمولة بواسطة ألياف العصب السمعى فى المركز السمعى بالدماغ فى نغمات صوتية معينة .



شكل ٩ ـ ١٨ : يوضح ميكانيكية السمع فى الأذن
(عن فيرما وآخرون)

(١) القناة الدهليزية (٢) عضو كورتى (٣) العظيمات الأذنية (٤) الأذن الخارجية (٥) موجات الصوت (٦) غشاء الطبلة (٧) الفتحة البيضاوية (٨) قناة استاكيوس (٩) الفتحة المستديرة (١٠) غشاء قاعدى (١١) القناة الطبلية (١٢) الفتحة اللولبية (١٣) القناة الوسطى (١٤) غشاء رسنر

وأذن الإنسان تستقبل الموجات الصوتية التى يتراوح ترددها بين ٢٠ ـ ٢٠٠٠٠ زبذبة / ثانية . والليفة العصبية تستطيع نقل ١٠٠٠ زبذبة / ثانية ولكن الترددات الأعلى من ٢٠٠٠٠ لا يستطيع الإنسان سماعها . وحاسة السمع فى بعض الحيوانات أعلى من الإنسان .

الصمم Deafness قد يرجع إما لتلف فى نقل الموجات الصوتية عبر الأذن الخارجية

أو الوسطى أو نتيجة لتلف القوقعة أو أعصاب السمع أو عيب فى الجهاز العصبى المركزى . وقد يحدث الصمم بسبب بعض العوامل الأخرى مثل السموم الميكروبية ، الجروح ، الأدوية أو لعوامل وراثية . ومعظم هذه العوامل يصيب الجزء الدهليزى Vestibular part من الأذن الداخلية مسببا دوخة وإغماء أو فقد للتوازن .

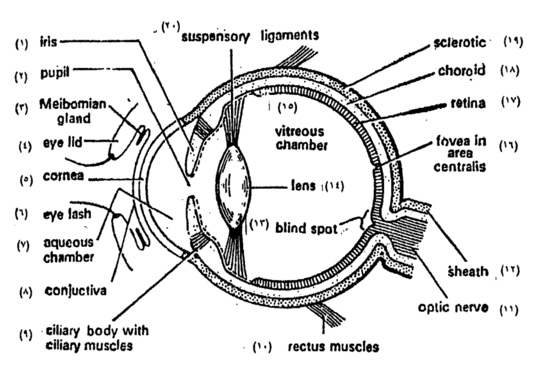
حس التوازن Sense of equilibrium يقوم به عضو التوازن أو التية (الأذن الداخلية) Labyrinth الذى يتكون من غرفتين صغيرتين هما الكيس الدقيق Saccule والأخرى تسمى القربة Utricle وثلاثة قنوات نصف دائرية Semicircular canals (شكل ٩ - ١٦) . الغرفتين الصغيرتين هما عضوى إتزان ثابتة وتعطى معلومات عن موضع الرأس أو الجسم بالنسبة لقوى الجاذبية . وهى تبطن من الداخل بخلايا شعرية تحتوى على بلورات كربونات كالسيوم ويتم تنشيط الخيوط الشعرية الدقيقة للخلايا الحسية بواسطة التغير فى موقع بلورات التوازن عندما يغير الحيوان وضعه أو موقعه . القنوات النصف دائرية مخصصة أساسا للإستجابة لتغيرات الدوران فى أى من الإتجاهات الفراغية الثلاث ، واحدة لكل إتجاه . وبداخل كل قناة تبرز بزاوية قائمة أرفف Cristiae فى داخل سائل الليمف الداخلى وتتكون من نسيج طلائى عصبى . وعندما تدار الرأس فإن هذه الأرفف تثار نتيجة للتغير فى ضغط الليمف داخل القنوات

البصر Vision

العين Eye هى عضو الإبصار فى الحيوانات . وتوجد العين داخل تجويف فى عظام الوجه يسمى محجر العين Orbit حيث تتحرك فيه بسهولة بفضل عضلات خارجية تتصل بها . والعين عبارة عن كرة غير كاملة الإستدارة (مقلة العين Eyeball) مقدمتها شفافة حيث تتركب من القرنية Cornea التى تمتد للخلف على هيأة طبقة هى الصلبة Sclerotic التى تتركب من نسيج ليفى أبيض (شكل ٩ - ١٩) . وتغطى القرنية طبقة شفافة أخرى هى الملتحمة Conjuctiva التى تمتد لتبطن جفنى العين Eye lids . ولما كانت الملتحمة كثيرة الأوعية الدموية والخلايا والغدد الليمفاوية فهى عرضة لكثير من ظواهر الإلتهاب . جفون العين عبارة عن ثنيه من الجلد تنتهى بالرموش Eye lash فى الإنسان وهى تحمى العين من المؤثرات الخارجية . ويوجد بالجفون من الداخل غدد دهنية محورة تسمى غدد ميبوميان Meibomian gland تفرز مادة دهنية بجانب الطرف البعيد للجفون مما يحفظ الدموع على مقلة العين .

وتتحرك العين بواسطة سبع عضلات منها أربع مستقيمة Rectus muscles هي العليا والسفلى والداخلية والخارجية المستقيمة والعضلة الخامسة عينية مكمشة للعين Retactor muscles والسادسة والسابعة مائلتان Oblique muscles أحدهما علوية والأخرى سفلية وظيفة تلك العضلات تحريك العين فى جميع الإتجاهات .

مقلة العين الكروية يتكون جدارها من ثلاثة طبقات ، فبجانب الغلاف الخارجى الصلب Sclerotic يوجد من الداخل المشيمية Choroid ثم من الداخل الشبكية Retina . المشيمية غلاف دعامي ويوجد به صبغة سوداء ليكسب داخل العين ظلمة وهى تمتد للأمام حتى القزحية Iris . والقزحية عبارة عن نسيج ليفى يحتوى خلايا ذات أصباغ وتحتوى أيضا على عضلات دائرية دقيقة لا إرادية تتحكم فى إتساع حدقة العين (إنسان العين) Pupil على حسب كمية الضوء الساقطة عليها . وتقع العدسة Lens خلف القزحية مباشرة (شكل ٩ ـ ١٩) . وهى عبارة عن كرة شفافة مرنة تكسر الأشعة الضوئية وتركزها على الشبكية وكذلك تضبط البعد البؤرى للأشياء القريبة والبعيدة .



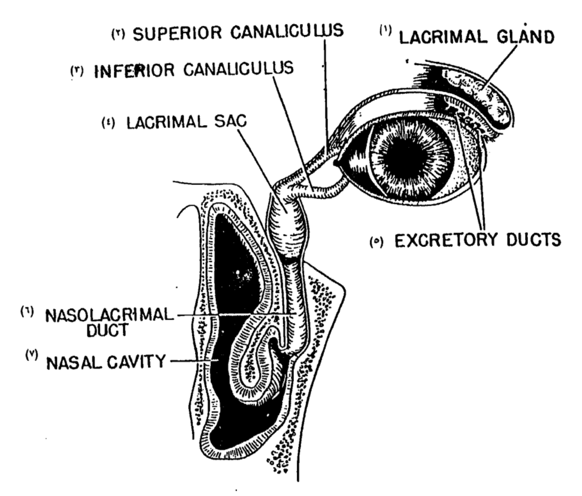
شكل ٩ ـ ١٩ : قطاع رأسى فى عين الحيوانات الثديية موضحا تركيبها
(عن فيرما وآخرون)

(١) القزحية (٢) الحدقة (٣) غدة ميبوميان (٤) الجفن (٥) القرنية (٦) الرموش (٧) حجرة السائل (٨) الملتحمة (٩) الجسم والعضلات الهدبيه (١٠) العضلات المكمشة (١١) العصب البصرى (١٢) غلاف (١٣) البقعة العمياء (١٤) العدسة (١٥) غرفة العين (١٦) نقرة مركزية (١٧) الشبكية (١٨) المشيمية (١٩) الصلبه (٢٠) أربطة تعليق

ويحيط بالعدسة ويمسكها بمكانها أربطة معلقة Suspensory ligaments هذه الأربطة مع العضلة الهدبية Ciliary muscle (حلقة من الألياف العضلية المتشعبة) تجعل شد العدسة وإرتخائها ممكنا وذلك لرؤية الأشياء القريبة والبعيدة . ويوجد بين القرنية والعدسة حجرة خارجية ممتلئة بالسائل المائى Aqueous humor وكذلك يوجد بين العدسة والشبكية حجرة داخلية أكبر من سابقتها مملوءة بسائل أكثف يسمى السائل الزجاجى Vitreous humor .

وفوق العين مباشرة تقع الغدد الدمعية Lacrimal glands حيث توجد فى فجوة تحت قباء الحجاج على مقربة من الزاوية الخارجية للعين . وللغدة قنوات تفتح فى الجفن العلوى عند زاوية العين الخارجية فتخرج منها الدمع وينتشر فى العين ثم يتجمع عند الزاوية الداخلية ليمر من العين عن طريق قناتين يصبا فى كيس دمعى Lacrimal sac بالحفرة الأنفية ومنه لقناة تفتح فى فراغ التجويف الأنفى Nasal cavity (شكل ٩ ـ ٢٠) . وانسداد طريق خروج الدموع يؤدى لسيلان مستمر للدموع على الوجه . وتفرز الدموع باستمرار لترطب سطح العين وتغسل الجزيئات التى ربما تدخل العين حيث تتوزع الدموع بتحريك الجفون .

وتعتبر شبكية العين من أهم أجزاء العين لأنها الطبقة الحساسة للضوء حيث تحتوى على مستقبلات الضوء (شكل ٩ ـ ٢١) . وتتركب الشبكية من طبقتين أحدهما خارجية على المشيمة تسمى الطبقة الصبغية Pigment layer وتتركب من خلايا مكعبة بها حبيبات ملونة Chromophores ثم طبقة داخلية عصبية تمتد حتى الجسم الهدبى . وتحتوى على عدة طبقات هى من الخارج للداخل طبقة الخلايا الضوئية Photo receptor layer وتضم نوعين من الخلايا هم العصى Rods والمخاريط Cones . الأولى عبارة عن خلايا أجسامها مستطيلة ومتعامدة على سطح الشبكية وتحتوى على صبغ ارجوانى يسمى رودوبسين Rhodopsin قريب الشبه فى تركيبه لفيتامين (أ) ويحتوى الجزء الداخلى لهذه العصى على النواه ثم يمتد على هيأة ليفة عصبية . أما المخاريط فأجسامها أغلظ وإن كانت مدببة وتمتد على هيأة ألياف عصبية . ألياف العصى والمخاريط العصبية تتصل بتشابك عصبى بخلايا عصبية ثنائية المحاور Bipolar nerve cells هى التى تكون الطبقة الثانية . وهذه تتصل بدورها بتشابك عصبى بخلايا عقدية كبيرة Ganglion cells التى تتجمع محاورها بعد أن تكسوها أغماد نخاعية لتكون العصب البصرى الذى يترك المقلة فى نقطة خلفية . وتغيب العصى والمخاريط عند مخرج العصب البصرى من المقلة ولذلك تسمى هذه المنطقة بالنقطة العمياء Blind spot . وتكثر المخاريط فى مكان صغير منخفض يسمى بالنقرة المركزية Fovea centralis وتقل فيها العصى أو تغيب كلية على



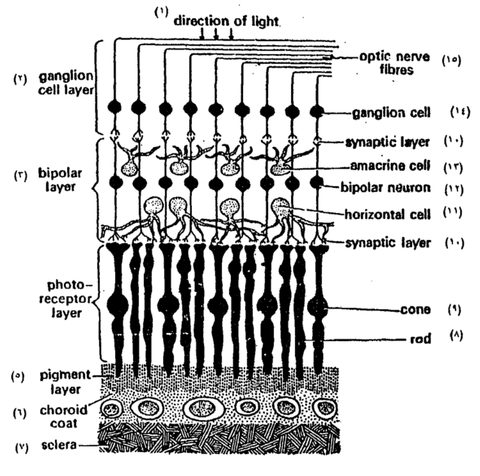
شكل ٩ ـ ٢٠ : يوضح موقع الغدد الدمعية وممر الدموع فى الحيوانات
(عن فراندسون)

(١) غدة دمعية (٢) قنية أمامية (٣) قنية خلفية (٤) كيس دمعى (٥) قنوات افرازية (٦) قناة أنفية دمعية (٧) تجويف أنفى

حسب الحيوان وهى تقع على خط واحد مع العدسة والقرنية وتعتمد حدة البصر على كثافة المخاريط فى منطقة النقرة المركزية .

تتم رؤية الأشياء عند تكون صورتها على الشبكية نتيجة لوصول الأشعة الساقطة عليها لتنحرف وتنزل على بؤرة عند نقطة خلف العدسة تسمى البؤرة القاعدية Principal focus تقع على الشبكية لتتكون صورة مقلوبة . وبالطبع فإن وقوع البؤرة على الشبكية إنما يكون لشىء مرئى على مسافة معينة من العين لا تقل عن ٢٠ قدم ، ولكن العين ترى الأشياء القريبة والبعيدة عن ذلك وهذا يقتضى أن تغير العدسة شكلها عن طريق الأربطة المعلقة حتى تسقط الصورة مع البؤرة على الشبكية وهذا ما يسمى بتكيف الأبصار Accomodation .

وتحتوى الشبكية على عدد كبير من مستقبلات الضوء من العصى والمخاريط يبلغ عددها لشبكية الإنسان نحو ١٣٠ مليون عصا ونحو ٧ مليون مخروط . وتحتوى العصيات على صبغ حساس للضوء يسمى رودوبسين Rhodopsin يتكون كل جزىء منه من جزىء بروتين ضخم يسمى اوبسين Opsin وهو يعمل كأنزيم . والجزء الأخر كاروتينى (مشتق فيتامين أ) يسمى الريتنال Retinal . وعندما يرتطم الضوء بالعصا يمتصه جزىء الرودوبسين فيتغير شكله الجزيئى مما يتسبب فى تفككه وانطلاق النشاط الأنزيمى للأوبسين والذى يبدأ فى تحريك سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية المهيجة أو المثيرة والتى تقوم بتضخيم طاقة فوتونات الضوء لكى تولد إشارة عصبية فى العصا



شكل ٩ ـ ٢١ : قطاع رأسى فى العين يوضح الطبقة الصبغية التى تلى المشيمية ، ثم طبقة المستقبلات الضوئية وأخيرا الطبقة الداخلية العصبية
(عن فيرما وآخرون)

(١) اتجاه الضوء (٢) طبقة خلايا عقدية (٣) طبقة خلايا ثنائية المحاور (٤) طبقة مستقبلات الضوء (٥) الطبقة الصبغية (٦) المشيمية (٧) الصلبه (٨) العصى (٩) المخاريط (١٠) طبقة اشتباك عصبى (١١) خلايا أفقية (١٢) خلايا ثنائية الأقطاب (١٣) خلايا افرازية (١٤) خلايا عقدية (١٥) أعصاب الرؤيه

التى تنتقل عن طريق الألياف العصبية لمركز الأبصار بالمخ . ثم يعاد تخليق الرودوبسين مرة أخرى لكى يتمكن من الإستجابة لإشارة ضوئية تالية .

كمية الرودوبسين بالشبكية تعتمد على كمية الضوء الواصل للعين ، فالعين التى تتكيف على الظلام تحتوى رودوبسين أكثر وهى أيضا أكثر حساسية للضوء الخافت وعلى العكس من ذلك فإن معظم الرودوبسين فى العين التى تتكيف مع الضوء قد تنكسر . وربما يحتاج الأمر لفترة يتم فيها إعادة بناء الرودوبسين حتى تتكيف مع الظلام . وتزيد قدرة العين الواضحة للتكيف على الظلام والضوء كثيرا من سهولة هذا التحول .

رودوبسين $\underset{\text{ظلام}}{\overset{\text{ضوء}}{\rightleftharpoons}}$ بروتين + رتنين $\underset{\text{ظلام}}{\overset{\text{ضوء}}{\rightleftharpoons}}$ بروتين + فيتامين أ

تركيب صبغ المخاريط يعتقد بأنه يشبه الرودوبسين ، حيث يحتوى على مادة الرتينال Retinal المتحدة مع بروتين خاص يسمى كون اوبسين Cone opsin . ووظيفة المخاريط هى إدراك وتمييز الألوان ، حيث أن هناك ثلاثة أنواع من المخاريط يتفاعل كل منها بقوة كبيرة بالأضواء الحمراء والخضراء والبنفسجية . وتتم عملية إدراك الألوان على الشبكية أو بالمنطقة البصرية بالمخ بمقارنة مستويات.الإثارة الحادثة فى الأنواع الثلاثة من المخاريط ويوجد إدراك الألوان فى معظم الفقاريات ماعدا البرمائيات التى تخلو من هذه الميزة . ومن المثير حقا أن معظم الثدييات مصابة بعمى الألوان بإستثناء الرئيسيات وقليل من الأنواع الأخرى مثل السناجب . ويتطلب تنبيه المخاريط من ٥٠ ـ ١٠٠ ضعف من الضوء أكثر عما يتطلبه تنبيه العصى . وعلى ذلك فإن الأبصار الليلى يعتمد تماما على العصى وهذا يجعل المناظر التى تظهر فى ضوء القمر تكون باللون الأبيض والأسود . وعلى النقيض من الإنسان الذى يستطيع الرؤية ليلا ونهارا فإن بعض الحيوانات مثل الخفافيش والبوم ترى بالليل أساسا لأن شبكيتها تحوى عصى فقط فى حين أن بعض الحيوانات النهارية مثل السناجب الرمادية فهى تحوى مخاريط .

الفصـل العاشــــر

الغــدد الصمـــــاء

Endocrine glands

تطور الحيوانات إلى تركيبات معقدة تحوى آلاف من الخلايا المختلفة التخصص تضمن تكوين أجهزة تحكم وتنسيق وتنظيم النشاط الخلوى . فسلاسة ترتيب حركة العضلة مثل سهل الملاحظة لهذا التنظيم . وبنفس الأهمية ولكن أقل وضوحا هو تكامل التغيرات الكيموحيوية المتنوعة . وعادة ما تقسم أجهزة التكامل إلى قسمين هما الجهاز العصبى وجهاز الغدد الصماء . ويتم التنظيم عن طريق الغدد الصماء بواسطة مواد كيماوية تسمى الهرمونات تفرز بالدم الذى يحملها للعضو الهدف . وعادة ما تحتاج لوقت أطول لتقوم بفعلها مقارنة بسرعة عمل الجهاز العصبى . غير أن التنظيم الهرمونى غالبا ما يتضمن نطاق عمله بعض الوظائف التى يبدوا أن دور الجهاز العصبى فيها ثانويا مثل عمليات التمثيل والنمو والتطور .

ورغم أن هذا التقسيم قد يكون مقبولا لو أخذنا فى الاعتبار الطرق المستعملة فى عمليات التنظيم وسرعتها ، إلا أن جهازى الأعصاب والغدد الصماء يعملان فى الواقع كجهاز اتحادى واحد ولا يوجد انفصال قاطع بينهما . فالجهاز العصبى هو فى حد ذاته عضو داخلى الإفراز يسيطر على معظم وظائف الغدد الصماء ، وبالعكس فإن هرمونات عديدة تؤثر على الجهاز العصبى . كما أن كثيرا من العمليات الفسيولوجية مثل انتاج اللبن والتناسل يتضح فيها مدى التناسق والتكامل بين جهازى التنظيم .

نظـام الغـدد الصمـــاء

Organization of Endocrine galnds

تعريـف الهرمـــون Definition of hormone

الهرمون عبارة عن مادة كيماوية عضوية التركيب تفرز بواسطة مجموعة من الخلايا بكميات بسيطة وتنقل بواسطة الدم إلى العضو أو الأعضاء الهدف حيث تؤثر على معدل سير التفاعلات الحادثة فى هذا العضو أو النسيج ، وذلك عن طريق تأثيرها على الأنظمة الانزيمية الموجودة بالخلايا والتى تحكم تركيز وتفاعل الأيونات والجزيئات العضوية بالخلية .

ولفظ هرمون Hormone يونانى الأصل ويعنى المثير أو المنشط وأول من استخدمه هو عالم الفسيولوجى الانجليزى ستارلنج Starling عام ١٩٠٥ بعد دراساته العديدة مع زميله بايلس Bayliss وذلك لوصف هرمون السكرتين Secretin المفرز من الأغشية المخاطية للأمعاء .

وتفرز الهرمونات من مجموعة من الغدد الصماء ... وهى الغدد عديمة القنوات Ductless glands ، التى تتكون من مجموعة متخصصة من الخلايا تقوم بتخليق مواد كيماوية يطلق عليها هرمونات ... تفرز فى الدم مباشرة . وهى تختلف عن الغدد خارجية الإفراز Exocrine glands مثل الغدد اللعابية التى ينتقل إفرازها عن طريق قنوات، الغدد الصماء الموجودة بالجسم (شكل ١٠ - ١) تضم :

١ – الغدة النخامية Pituitary gland .

٢ – الغدة الدرقية Thyroid gland .

٣ – الغدة الجاردرقية Parathyroid .

٤ – الغدة الجاركلوية Adrenal gland .

٥ – الغدد التناسلية Gonads (المبيض Ovary والخصية Testis) .

٦ – البنكرياس Pancreas .

٧ – القناة المعدية - المعوية .

٨ – الغدة اللبنية Mammary gland .

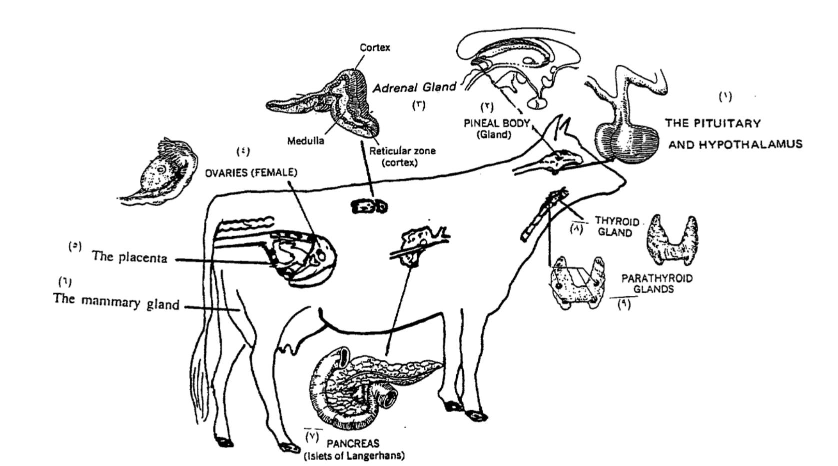
التركيب الكيماوى للهرمونات Chemical nature

تختلف الهرمونات فى تركيبها الكيماوى ، وأهم الأقسام الكيماوية للهرمونات هى :

١ – البروتينات والببتيدات Proteins & Peptides وهى تختلف حسب عدد الأحماض الأمينية بالسلسلة . فالهرمونات الببتدية هى تلك التى تحتوى على أقل من ١٠٠ حامض أمينى مثل الانسيولين والكورتيكوتروبين والاكسيتوسين أما الهرمونات البروتينية فتحتوى جزيئاتها على أكثر من ١٠٠ حامض أمينى مثل هرمون النمو والبرولاكتين وغيره .

٢ – مشتقات الأحماض الأمينية Amino acid derivatives وهى تضم هرمونات مثل الادرينالين والثيروكسين والسيروتونين وغيره .

٣ – الاستيرويدات Steroids وهى الهرمونات التى تحتوى نواه استيرويدة مثل هرمونات قشرة الادرينال وهرمونات الجنس Sex hormones .



شكل ١٠ ـ ١ : موقع الغدد الصماء الرئيسية بالبقرة

(١) النخامية وتحت المهاد (٢) الغدة الصنوبرية (٣) الغدة الجاركلوية (٤) المبايض (٥) المشيمة (٦) الغدة اللبنية (٧) البنكرياس والأمعاء (٨) الغدة الدرقية (٩) الغدة الجاردرقية

٤ – مشتقات الأحماض الدهنية Fatty acid derivatives مثب هرمونات البروستاجلاندين Prostaglandins وهى مشتقات الحامض الدهنى الاراكيدونك .

عمـل الهرمونـات Action of Hormones

تقوم الهرمونات بعدة أفعال بالجسم أهمها :

١ – النمـو والتطـور Growth & Development يعتبر دفع النمو والتطور من الوظائف الهامة للهرمونات . وتساهم فى هذا العمل معظم الهرمونات (ماعدا هرمونات النخامية العصبية والكاتيكول امينات والهرمونات العصبية) . ومثال ذلك أن هرمون الثيروكسين يشجع نمو وتطور الحيوانات الصغيرة كما أن هرمونات الجنس مثل التستستيرون والاستروجين تشجع نمو الجهاز التناسلى . وافضل مثال على ذلك هو فعل هرمون النمو المشجع للنمو العام للجسم .

٢ – الاتـزان البـدنـى Homeostasis ويعنى صيانة وثبوت الظروف الداخلية للحيوان مثل ثبات مستوى سكر الدم تحت الظروف الفسيولوجية والغذائية المختلفة ويقوم به عدة هرمونات مثل الانسيولين والجلوكاجون وبعض هرمونات قشرة الادرينال . كما أن الحفاظ على مستوى الكالسيوم بالجسم يقوم به هرمونات مثل الباراثرمون والكالسيتونين والكولى كالسفرول . والاتزان البدنى بواسطة الهرمونات يحتاج ليس فقط نواتج العمليات الداخلية مثل الجلوكوز أو الكالسيوم ولكن ظروف البيئة الخارجية تحدث فعلا فسيولوجيا منظما من خلال تعديل إفراز الهرمونات عن طريق الجهاز العصبى .

٣ – تكامل الأحداث الفسيولوجية Intergration وهو من الأعمال التى يساهم فيها الجهاز العصبى مع الجهاز الهرمونى فمثلا عملية إخراج اللبن تتم بواسطة تنبيه عصبى يحدث عند الرضاعة وينتقل هذا التنبيه بواسطة الأعصاب لتحت المهاد الذى يفرز هرمون الأكسيتوسين الذى يتحرر من الغدة النخامية الخلفية للدم الذى يحمله للغدة اللبنية حيث يشجع خروج اللبن . كما أن عملية التبويض فى الأرانب تتم بواسطة انتقال التنبيه الحادث عند التلقيح لتحت المهاد حيث يفرز هرمون محرر للجونادروتروبينات GnRH ينتقل للغدة النخامية الأمامية لتنبيه إفراز هرمون التبويض LH وينقله الدم للمبيض حيث يحدث التبويض .

طريقة فعل الهرمونات : Mode of action

بعد أن يتم تخليق الهرمون بالغدة قد يفرز مباشرة بالدم مثل هرمونات جارات الدرقية أو قشرة الادرينال ، أو قد يخزن بالغدة لحين الحاجة إليه مثل هرمونات الدرقية . وتوجد بعض الهرمونات بالدم مرتبطة ببروتين حامل خاص يساعد فى نقله للأعضاء المختلفة ويقلل من هدم الهرمون ويعمل على توصيله للأعضاء بالقدر المناسب . ويلاحظ أن الهرمون لا يؤثر على جميع الأعضاء بدرجة واحدة بل يؤثر على نسيج أو أنسجة خاصة تسمى عضو هدف Target organ تتميز باحتوائها على المستقبلات Receptors الخاصة بالهرمون والتى تساعد على تفاعل الهرمون مع الخلايا . هذه المستقبلات توجد على غشاء الخلية كما فى حالة الهرمونات البروتينية والببتدية أو توجد فى نواة الخلية كما فى حالة هرمونى الثيروكسين والاستروجين . وبعد أن يرتبط الهرمون بالمستقبل يقوم بفعله عن طريق أو أكثر من الطرق التالية :

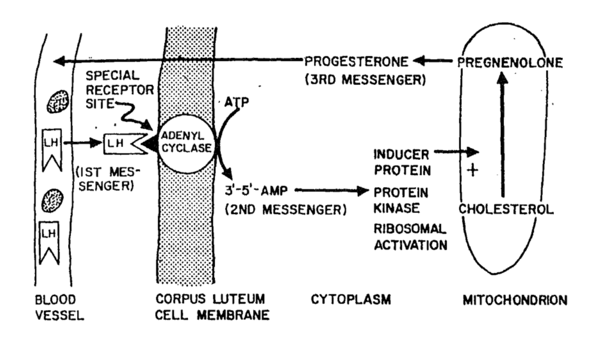
١ - يقوم الهرمون بتنشيط انزيم الادنيل سيكلاز Adenyl cyclase الذى يقع على السطح الداخلى لغشاء الخلية . هذا الانزيم يشجع تحول الادينوزين ثلاثى الفوسفات ATP إلى ادينوزين أحادى الفوسفات الحلقى Cyclic AMP (cAMP) (شكل ١٠ ـ ٢) الذى يقوم بالفعل الخاص للهرمون داخل الخلية مثل زيادة تخليق البروجستيرون بالجسم الأصفر تحت تأثير هرمون التبويض LH . وفى هذه الحالة يطلق على الـ LH الرسول الأول 1st messenger وعلى الـ cAMP الرسول الثانى 2nd messenger. وبعد أن يقوم cAMP بفعله يتحول عن طريق انزيم Phosphodiestrase إلى AMP غير نشط .

٢ - قد يقوم الهرمون بدخول الخلية والتأثير على جينات خاصة على كرموسومات النواة وتكون بروتين جديد معين (انزيم) . ومثال ذلك هرمون الاستروجين يؤثر على الرحم بهذه الطريقة (شكل ١٠ ـ ٣) .

٣ - قد يقوم الهرمون بزيادة نفاذة غشاء الخلية للمواد الكيماوية الموجودة بالدم مثل الجلوكوز والأملاح المعدنية والأحماض الأمينية . فمثلا هرمون الانسيولين يزيد نفاذية الخلايا لجلوكوز الدم وبالتالى نقص مستواه بالدم .

تنظيم إفراز الهرمونات : Regulation of hormone secretion

تفرز الهرمونات حسب حاجة الجسم لها مما يشير لوجود نظم تحكم تخليق وتحرر هذه الهرمونات أهمها :

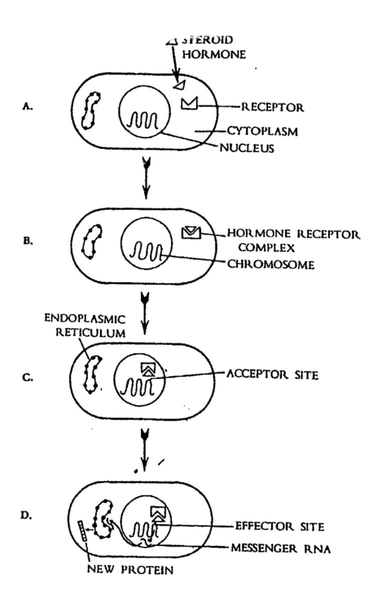


شكل ١٠ ـ ٢ : مخطط يوضح كيفية عمل هرمون التبويض على تخليق البروجستيرون بخلايا العضو الهدف وهو الجسم الأصفر الذى يحتوى مستقبل خاص بروتينى يحتوى الادنيل سيكلاز كأحد مكوناته . إرتباط هرمون التبويض ينجم عنه تنشيط الادنيل سيكلاز وبالتالى تكوين cAMP الذى ينشط انزيم بروتين كيناز الذى يشجع تكوين البروجستيرون بواسطة الميتوكوندريا

(عن ماكدونالد وبينيدا)

١ - التنظيم العصبى Neural Control . هرمونات الفص الخلفى للنخامية ونخاع الادرينال تفرز استجابة للتنبيه العصبى ولذلك فإن افرازها سريع . غير أن النخامية الأمامية تفرز هرموناتها استجابة للتنبيه العصبى عن طريق الهرمونات العصبية Neurohormones المفرزة من تحت المهاد . هذه الهرمونات بعضها يشجع الإفراز Releasing Hormones وبعضها يثبط الافراز Inhibiting Hormones . هذه الهرمونات أو العوامل الهيبوثلامية عبارة عن ببتيدات بسيطة تنتقل من تحت المهاد خلال أوعية دموية خاصة مثل هرمون TRH المحرر للـ TSH فيتكون من ثلاثة أحماض أمينية ويزيد إفرازه مثلا عند انخفاض درجة حرارة البيئة (شكل ١٠ ـ ٤) .

٢ - المورد الرجعى Feedback mechanism (servomechanism) . وهو نظام يشمل هرمونين فأحد الغدد تفرز هرمون ينبه غدة أخرى لإفراز هرمون ثانى وعند زيادة مستوى هذا الهرمون بالدم يثبط إفراز هرمون الغدة الأولى وتعتبر العلاقة بين غدد الدرقية ، قشرة الادرينال والغدد الجنسية وغدة النخامية مثال لهذا

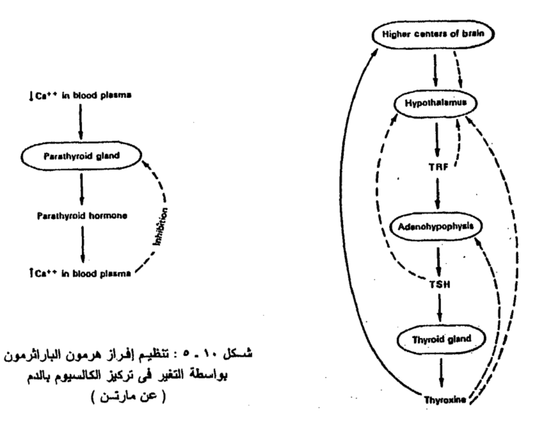


شـكل ١٠ ـ ٣ : طريقة فعل الهرمونات الاستيرويدية حيث تستطيع الاستيرويدات دخول كل الخلايا غير أن الخلايا الهدف هى التى تحوى مستقبل خاص (A) يتحد مع الهرمون (B) . معقد المستقبل والهرمون يخترق النواه (C) ويتصل بمكان يقبله على كروموسوم يحتوى جينات (DNA) . ويتبع ذلك تخليق mRNA يعتمد على جين معين والذى يرحل للشبكة الاندوبلازمية (D) حيث يخلق مباشرة بروتين جديد

(عن جرفن وأوجيدا)

التنظيم . فمثلا عند إفراز الـ TSH من النخامية ينبه إفراز الثيروكسين من الغدة الدرقية الذى عند زيادته يقوم بردع النخامية لتقلل إفرازها من الـ TSH وهذا النظام يسمى المورد الرجعى السالب Negative feedback mechanism (شكل ١٠ ـ ٤) .

٣ – التنظيم الخلطى Humoral Control وهو يعنى أن تركيز مادة معينة بالدم خلاف الهرمونات ينظم إفراز هرمون معين . فمثلا ؛ مستوى الجلوكوز بالدم ينظم إفراز هرمونات البنكرياس ومستوى الكالسيوم بالدم يحكم إفراز الغدة الجاردرقية (شكل ١٠ ـ ٥) .



شكل ١٠ ـ ٥ : تنظيم إفراز هرمون الباراثرمون بواسطة التغير فى تركيز الكالسيوم بالدم
(عن مارتن)

شكل ١٠ ـ ٤ : التنظيم الهرمونى لإفراز الثيروكسين (الخط المستمر تنبيه أما الخط المتقطع تثبيط)
(عن مارتن)

الغدة النخامية وتحت المهاد (الهيبوثلاماس)

Hypophysis Cerebri (Pituitary) And Hypothalamus

الغدة النخامية وتحت المهاد شديدا الارتباط ببعضهما تشريحيا ووظيفيا . فتحت المهاد من خلال الغدة النخامية الأمامية ينظم العديد من الغدد الصماء الأخرى كما أنه مركز لعدد كبير من الأفعال اللا إرادية الهامة .

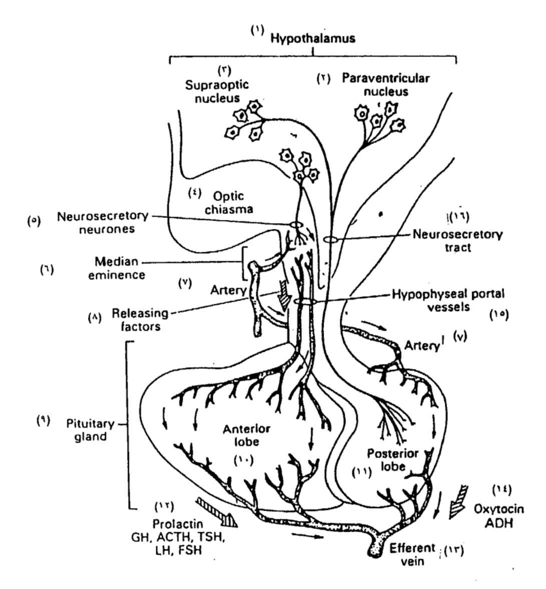
وتقع الغدة النخامية فى تجويف عظمى خاص يوجد بقاع الجمجمة يسمى السرج التركى Sella Turcica وتتصل بتحت المهاد (الهيبوثلاماس) عن طريق جزع Stalk تمر خلاله الأوعية الدموية المغذية للغدة وكذلك حزم الألياف العصبية القادمة من الخلايا العصبية التى تكون بعض نوايا تحت المهاد .

تحت المهاد (الهيبوثلاماس) Hypothalamus

تحت المهاد عبارة عن جزء من الدماغ البينى ويشكل قاع البطين الثالث 3rd Ventricle وهو يشمل عادة التقاطع البصرى Optic Chiasma ، الانتفاخ السنيرى Tuber Cinereum ، الأجسام المامليه Mammillary bodies ، البروز المتوسط Median Eminance ، القمع Infundibulum والنخامية العصبية Neurohypophysis . والجزئين الأخيرين يندمجا أيضا تحت الغدة النخامية رغم ارتباطهما من ناحية المنشأ والوظيفة بتحت المهاد وذلك لارتباطهم مع النخامية الغدية مكانيا وتشريحيا .

أنسجة تحت المهاد تتكون من نسيج ضام عصبى وألياف عصبية وخلايا عصبية . وبين البرز المتوسط والنخامية العصبية تجرى الألياف العصبية فى حزم متوازية خلال الجزع العصبى حيث تنتهى غالبا بالنخامية العصبية . ومصدر هذه الألياف غالبا مجموعتين من الأنوية الهيبوثلامية هما النواه الفوق بصرية Supraoptic nuclei والجاربطينية Paraventricular nuclei والافرازات العصبية يمكن ملاحظتها بداخل الاكسونات أثناء انتقالها من تحت المهاد (شكل ١٠ ـ ٦) .

المواد الإفرازية لتحت المهاد تتكون من عدة هرمونات عصبية Neurohomones ذات وزن جزيئى صغير بالإضافة إلى هرمونى النخامية العصبية (الاكسيتوسين والفازوبرسين) . وهذه الهرمونات العصبية يفرز منها نوعين: هرمونات محررة



شـكل ١٠ ـ ٦ : تركيب الغدة النخامية والهرمونات المفرزة منها وطريقة إتصالها بمنطقة تحت المهاد بالدماغ

(عن ميفام)

(١) تحت المهاد (٢) نواه جاربطينية (٣) نواه فوق بصرية (٤) التقاطع البصرى (٥) خلايا عصبية افرازية (٦) البروز المتوسط (٧) شريان (٨) عوامل محرره (٩) غدة نخامية (١٠) فص أمامى (١١) فص خلفى (١٢) هرمونات النخامية الأمامية (١٣) وريد خارج (١٤) هرمونات النخامية الخلفية (١٥) أوعية نخامية بابية (١٦) ممر الافرازات العصبية

Releasing hormones وهرمونات مثبطة Inhibiting hormones . ولقد تم عزل وتخليق ٦ هرمونات محررة لهرمونات النخامية الأمامية وهم المنبه للثيروتروبين TRH ، المنبه لهرمون النمو GH-RH،المنبه للكورتيكوتروبين CRH ، المنبه للبرولاكتين PRH ، المنبه للجوناد وتروبينات GnRH،المنبه لمخلق الميلانين MSH-RH ، وكذلك عزل هرمونين مثبطين هم المثبط لهرمون النمو GH-IHوالمثبط للبرولاكتين PIH . تنظيم

إفراز هرمونات تحت المهاد يتحكم فيه عاملين على الآقل : (١) الجهاز العصبى المركزى فالضغوط والمثيرات العصبية والعوامل البيئية تعمل من خلال الجهاز العصبى لتعديل وظائف تحت المهاد ـ النخامية . (٢) المورد الرجعى حيث أن الهرمونات المفرزة من الغدد الهدف مثل الدرقية أو الادرينال أو الغدد الجنسية إستجابة لهرمونات النخامية المشجعة Trophic hormones تعمل رجعيا على تحت المهاد والنخامية لتقلل من إفراز هرمونات النخامية المشجعة لهذه الغدد (مورد رجعى طويل Long Feedback loop) أو أن هرمونات النخامية المشجعة (التروبينية) تقوم بنفسها بتثبيط إفرازات تحت المهاد المحررة (مورد رجعى قصير Short feedback Loop) . ولذلك يوصف تحت المهاد بأنه مايسترو أوركسترا العمليات الفسيولوجية .

الغدة النخامية Pituitary gland :

الغدة النخامية من أهم غدد الجسم وتتكون من جزئين هم النخامية العصبية (الخلفية) Neurohypophysis والنخامية الغدية (الأمامية) Adenohypophysis . والأخيرة قد تضم فصين فى بعض الحيوانات . ويبلغ وزن الغدة النخامية نحو ٠,٥ ـ ٠,٧ جم فى الإنسان ، ٠,٥ ـ ٠,٧ جم فى الأغنام ، ١,٥ ـ ٢ جم فى الماشية ونحو ٨ ـ ١٠ مجم فى الفئران .

تركيب الغدة Structure :

النخامية الغدية Adenohypophysis تقع أمام النخامية العصبية وتنقسم إلى ثلاثة أجزاء : الفص الطرفى Pars distalis ، الفص الانبوبى Pars tuberalis والفص المتوسط Pars intermedia . الفص الطرفى يضم غالبية النخامية الغدية ويتكون من أحبال متفرعة من الخلايا التى تنفصل عن بعضها بواسطة تجاويف دموية . الفص الأنبوبى يتكون من طبقة من الخلايا تحيط بالجزع العصبى Neural stalk فى حين أن الفص المتوسط يتكون من طبقة من الخلايا مجاورة للنخامية العصبية . وعلى أساس طرق الصبغ العادية فإن خلايا النخامية الغدية تقسم إلى خلايا حامضية Acidophils (٣٧٪) وخلايا قاعدية Basophils (١٣٪) وخلايا عديمة الصبغ Chromophobes (٥٠٪) وذلك اعتمادا على وجود أو غياب حبيبات ذات قدرة لجذب صبغات معينة . غير أنه ثبت حديثا أن الغدة تحتوى خلايا مفرزة لهرمون النمو Somatotrophs ، خلايا مفرزة للهرمون المنبه لقشرة الأدرينال Corticotrophs خلايا مفرزة للهرمون المشجع لبناء الدهون Lipotrophs، خلايا مفرزة للبرولاكتين Mammotrophs، خلايا مفرزة للهرمون المشجع للدرقية Thyrotrophs وخلايا مفرزة للهرمونات المشجعة للغدد الجنسية Gonadotrophs. ولا يوجد هناك خلايا

لا تقبل الصبغ ولكن توجد خلايا تحتوى القليل أو الكثير من الحبيبات .

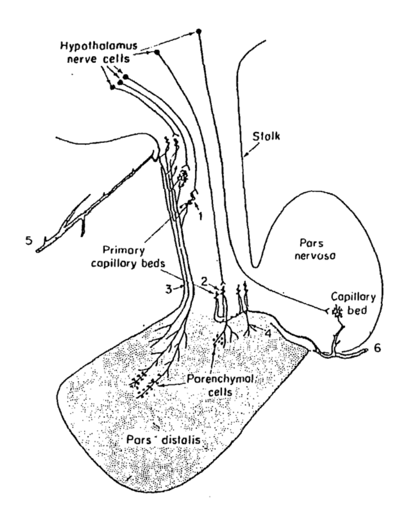
النخامية العصبية Neurohypophysis تقع خلف النخامية الغدية ولذلك يطلق عليها النخامية الخلفية Posterior Pituitary وهى تتكون من خلايا ضامة عصبية تسمى بيتيوسيت وكذلك ليفات عصبية تقع خلاياها فى تحت المهاد وتنتهى فى النخامية . وتفرز الغدة هرمونين أولهما الهرمون المضاد للتبول Antidiuretic hormone (ADH) أو الفازوبرسين Vasopressin والثانى هو الاكسيتوسين Oxytocin . والهرمونين يتم تخليقهم بالهيبوثلاماس ثم يرحلا عبر الممر الهيبوثلامى النخامى Hypothalamo-Hypopysial tract للنخامية العصبية حيث يخزنا أو يتحررا بالدم .

التمويل الدموى Blood supply

يتم تمويل الغدة بالدم بواسطة دم شريانى يأتيها من الشريان النخامى الظهرى (العلوى) والبطنى (السفلى) Dorsal (Superior) & Ventral (Inferior) hypophysial artery الذى يحمل الدم للنخامية الغدية والعصبية على الترتيب . الدم الوريدى الآتى من تحت المهاد يدخل للنخامية من مرقدين وعائيين Capillary beds أحدهما يقع فى البروز المتوسط والآخر أسفل جزء النخامية والنخامية العصبية . هذا الدم يتجمع فى مجموعتين من الأوردة المتوازية تجرى أسفل السطح الأمامى لجزء النخامية لتصفى الدم فى التجاويف الوعائية للفص الطرفى . الجزء البطنى والمركزى من الفص الطرفى يتلقى الدم من الأوعية البابية الطويلة فى حين أن التجاويف Sinusoids التى تتلقى الدم من الأوعية القصيرة فتكون محصورة فى المناطق الظهرية أو السطحية . هذا يشكل النظام النخامى البابى الذى يمثل الصلة الخلطية بين تحت المهاد والمراكز العصبية العليا بالدماغ والنخامية الغدية (شكل ١٠ ـ ٧) .

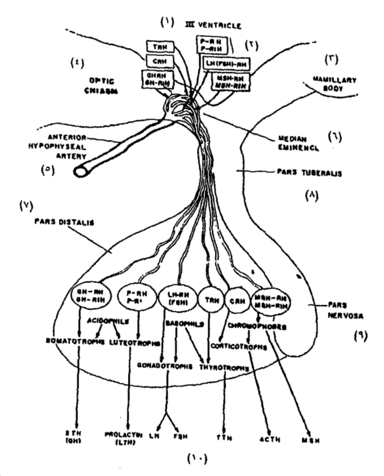
تنظيم نشاط الغدة النخامية Control of pituitary Function :

نشاط الفص الغدى للنخامية يخضع أساسا لعاملين منظمين هما التنظيم العصبى Neural control والتنظيم الخلطى Humoral control (المورد الرجعى) . التنظيم العصبى يتضمن تحرر هرمونات من تحت المهاد تقوم بتشجيع أو تثبيط تحرر هرمونات النخامية الغدية . ولقد أمكن عزل بعض الهرمونات المشجعة للإفراز مثل المشجع لهرمون النمو ، البرولاكتين ، الثيروتروبين ، الكورتيكوتروبين والجوناد وتروبينات كما تم تخليق بعض هذه الهرمونات مثل المشجع لتحرر الثيروثروبين TRH والمشجع



شكل ١٠ - ٧ : يوضح التمويل الدموى لتحت المهاد والنخامية والذى يمثل اتصالا وعائيا عصبيا بينهما : ١ - مرقد وعائى أول بجزع النخامية ، ٢ - مرقد وعائى بالنهاية السفلى لجزع النخامية ، ٣ - أوعية بابية طويلة ، ٤ - أوعية بابية قصيرة ، ٥ - الشريان النخامى العلوى ، ٦ - الشريان النخامى السفلى
(عن بيل وآخرون)

لتحرر الجوناد وتروبينات GnRH وعرف أنها تتكون من عديد ببتيد يحوى ١٠,٣ أحماض أمينية على الترتيب واستخدمت فى النواحى التطبيقية . ومن جهة أخرى أمكن عزل بعض الهرمونات المثبطة لتحرر هرمونات النخامية الغدية مثل مثبط هرمون النمو GHIH (السوماتوستاتين) ومثبط البرولاكتين PIH والمثبط لتحرر الميلانين MIH . وتفرز هذه الهرمونات من تحت المهاد تحت تأثير العوامل المنبهة المختلفة مثل تغيرات درجات الحرارة ، الضوء ، الضوضاء وغيرها وتنتقل عبر الأوعية البابية إلى النخامية الغدة (شكل ١٠ - ٨) . العامل الآخر المنظم للنخامية الغدية هو التنظيم الرجعى ويتضمن تغير إفراز هرمونات النخامية تبعا لمستوى الهرمون المفرز من غدة هدف . فإفراز



شكل ١٠ ـ ٨ : تنظيم نشاط النخامية الغدية بواسطة الهرمونات المحررة RH والهرمونات المثبطة RIH التى تخلق بتحت المهاد وتمر عبر الجزوع العصبية البابية للخلايا المتخصصة بالنخامية الغدية فتنظم سرعة إفراز الهرمونات .

(١) البطين الثالث (٢) هرمونات تحت المهاد (٣) الجسم العاملى (الحلمى)؛(٤) التقاطع البصرى (٥) الشريان النخامى/(٦) البروز المتوسط (٧) الفص الطرفى (٨) الفص الأنبوى (٩) الفص العصبى (١٠) هرمونات الناميه الامامية

الهرمون المشجع للحويصلات البيضية FSH يتناسب عكسيا مع مستوى الاستروجينات بالدم فى حين أن إفراز هرمون التبويض LH يتناسب عكسيا مع مستوى البروجستيرون . كذلك فإن مستوى الكورتيكوتروبين ACTH والثيروتروبين TSH يتناسب عكسيا مع مستوى الكورتيكوستيرويدات والثيروكسين المفرزين من قشرة الادرينال والدرقية على الترتيب .

بالنسبة للنخامية العصبية فلقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك فى أن هرموناتها (الفازوبروسين والاكسيتوسين) تخلق أساسا فى تحت المهاد وتمر عبر الألياف

العصبية للنخامية العصبية حيث تخزن فيها لحين الحاجة إليها . ولقد تأكد ذلك من أن نقل النخامية العصبية أو قطع الجزع العصبى لا يتبعه ظهور أعراض نقص هرمونات الغدة فى حين أن تخريب تحت المهاد يؤدى لظهور هذه الأعراض .

وعلى ذلك فإن الغدة النخامية من الأعضاء ذات الاستقلال الذاتى المحدود وعند فصلها من الارتباط المباشر مع الجهاز العصبى يفقدها جزءا كبيرا من كفائتها .

هرمونات الغدة النخامية Hormones of pituitary gland :

الغدة النخامية توصف عادة بأنها العازف الأول فى اوركسترا العمليات الفسيولوجية المختلفة بجسم الكائن الحى . وذلك عن طريق ما تفرزه من هرمونات تساهم بشكل مباشر أو غير مباشر فى توجيه مختلف الأنشطة الحيوية الهامة للكائن الحى . وهرموناتها تشمل هرمون النمو ، هرمون البرولاكتين (المدر للبن) الهرمون المنبه للحويصلات المبيضية، هرمون التبويض ، الهرمون المنبه للدرقية ، الهرمون المنبه لقشرة الادرينال والهرمون المنبه لتكوين الدهون . ويفرز الفص الأوسط للنخامية الهرمون المنبه للميلانين ، فى حين يفرز الفص الخلفى هرمونى الاكسيتوسين والفازوبروسين .

هرمونات النخامية الأمامية

١ - هرمون النمو Growth hormone (GH) :

أو الهرمون المنبه لخلايا الجسم Somatotrophic hormone (STH) وهو عبارة عن بروتين يتكون جزيئه من سلسلة من الأحماض الأمينية يبلغ طولها فى الإنسان نحو ١٩١ حامض أمينى ويحتوى رابطتين ثنائية الكبريت . ومعاملة الهرمون ببعض الانزيمات المحللة ينتج عنها بعض المقاطع من الهرمون تتميز بصفات بيولوجية مشجعة للنمو أو لإفراز اللبن تفوق تأثير الهرمون الكامل مما يشير إلى أن جزيئى الهرمون الكامل لا يبدوا ضروريا لفعله البيولوجى . كما أن الهرمون يقوم بتنشيط تكوين ببتيدات خاصة فى الكبد تسمى السوماتومدين Somatomedin C أو العامل المشجع للنمو شبيه الانسيولين Insulin like growth Factor (IGF-I) والذى كان يسمى سابقا عامل الكبرتة Sulfation factor وينشط احتجاز الكبريت المعلم وتخليق البروتينات والأحماض النووية بالغضاريف. ونشاط هذا المركب غالبا ما يتناسب طرديا مع نشاط النخامية مما

دعا لإستخدامه كأحد الوسائل البيولوجية لتقدير هرمون النمو .

يقوم هرمون النمو بتشجيع نمو الجسم كله عن طريق زيادة عدد وحجم الخلايا . ويمكن تلخيص فعل هرمون النمو فى النقاط التالية :

١ – هرمون النمو يشجع تخليق البروتينات وكذلك زيادة عدد وحجم الخلايا وبالتالى زيادة وزن الحيوان وذلك فى وجود الكميات الكافية من الانسيولين والكربوئدرات . ويؤدى هرمون النمو لخفض تركيز الأحماض الأمينية بالبلازما لاستخدامها فى تخليق البروتين بالأنسجة . كما أنه يشجع إفراز اللبن فى الحيوانات الحلابة .

٢ – التأثير المحدث لمرض السكر Diabetogenic effect فالهرمون يرفع مستوى السكر بالدم الذى يؤدى فى النهاية لمرض السكر الدائم . وهذا يرجع إلى تنبيه إفراز الجلوكاجون من البنكرياس مما يعمل على تحليل الجليكوجين فى الكبد . أو أن الهرمون يؤدى لإجهاد خلايا بى البنكرياسية (بعد فترة من التنبيه) وهو ما يؤدى لنقص إفراز الانسيولين . وقد يؤدى الهرمون لنقص قدرة خلايا الأنسجة على الاستفادة بالجلوكوز بسبب تثبيط إنزيم الجلوكوكينار Glucokinase .

٣ – التأثير المحرك للدهون من مخازنها بالجسم وزيادة أكسدتها للإنتاج الطاقة وهذا يحدث عند نقص الأنسيولين .

٤ – تشجيع نمو العظام من خلال تشجيع تكاثر خلايا النهايات العظمية الغضروفية ويشجع إلتئام العظام المكسورة وهو ما يعزى لزيادة احتجاز الكالسيوم والفوسفور .

٢ – البرولاكتين (المدر للبن) Prolactin

البرولاكتين هرمون بروتينى يتكون من سلسلة أحماض أمينية تحوى ١٩٨ حامض (الأغنام) ويوجد بالسلسلة ٣ روابط ثنائية الكبريت . وهناك تشابه تركيبى ووظيفى بينه وبين هرمون النمو .

يقوم الهرمون بعدة وظائف أهمها :

١ – يساهم الهرمون فى تنبيه نمو الغدة اللبنية وإفراز اللبن كذلك يقوم الهرمون بحفظ بقاء الجسم الأصفر وإفراز البروجستيرون خلال الحمل خاصة فى الحيوانات ذات

الحمل الكاذب مثل القوارض وكذلك فى الأغنام . كما أن الهرمون له دور رئيسى فى إظهار سلوك الأمومة .

٢ - يساهم الهرمون فى إتزان الماء والأملاح بالجسم حيث يشجع إعادة امتصاص الصوديوم بالوحدات البولية للكلية ولذلك يساعد الأسماك فى الانتقال بين الماء العذب والماء المالح . كما أن الهرمون يؤثر على الدم فيزيد حجمه ويقلل ضغطه الأسموزى .

٣ - يؤثر الهرمون على النمو والميتابلزم حيث يشجع نمو الخلايا الجسمية وكذلك بناء البروتين والدهون . وللهرمون تأثير محدث للسكر Diabetogenic عن طريق زيادة سكر الدم . ويشجع الهرمون إنسلاخ الجلد فى الزواحف وقلش الريش فى الطيور ونمو الصوف فى الأغنام .

٣ - الهرمون المنبه للغدة الدرقية Thyroid Stimulating hormone (TSH)

عبارة عن جليكوبروتين يتكون جزيئة من مقطع بروتينى وآخر كربوئدراتى . المقطع البروتينى يتكون من سلسلتين من الأحماض الأمينية بينهما عدة روابط ثنائية الكبريت . السلسلة الأولى الفا ∝-TSH تتكون من ٩٦ حامض أمينى (فى الماشية) وبها ٦ روابط ثنائية الكبريت وهى متشابهة مع تلك الموجودة فى الـ FSH & LH . السلسلة الثانية ـ بيتا B-TSH تتكون من ١١٠ حامض أمينى وهى المسئولة عن الارتباط مع المستقبلات والنشاط البيولوجى للهرمون والجزء الكربوئدراتى من الهرمون غالبا ما يكون الجلاكتوزامين .

فعل الهرمون مرتبط أساسا مع الغدة الدرقية حيث يقوم بتنبيه نمو وتطور الغدة ويحكم معدل إفراز هرموناتها وكذلك مرور الدم خلالها . فهو يعمل على تنبيه نمو الغدة الدرقية وتطور الحويصلات الإفرازية بها وزيادة سمك خلايا الطبقة المحيطة بالحويصلات . كما أن الهرمون ينبه تخليق وإفراز هرمونات الدرقية (T_3, T_4) حيث أن جميع مراحل تمثيل اليود بداخل الغدة ينبهها الهرمون وذلك من خلال نظام أنزيم الادنيل سيكلاز ـ الادينوزين أحادى الفوسفات الحلقى .

٤ - الهرمون المنبه لقشرة الادرينال Adrenocorticotrophic hormone (ACTH)

الكورتيكوتروبين ACTH عبارة عن سلسلة ببتيدية تحوى ٣٩ حامض أمينى . وهناك إختلاف بسيط فى تركيب جزئى الهرمون المفرز فى الحيوانات المختلفة ويقع فى

الأحماض الامينية الواقعة بين ٢٥ ـ ٣٣ . وهذا المقطع غير ضرورى للفعل البيولوجى للهرمون المتمركز فى المقطع ١ ـ ٢٠ وهو متماثل فى جميع الحيوانات . ولقد ظهر أن الهرمون يخلق من بادىء Proopiomelanocortin (POMC) يضم نحو ٢٣٩ حامض أمينى + ٢٦ حامض دليل وذلك فى المخ والنخامية . وفى المخ يتخلق من هذا البادىء الكورتيكوتروبين (المقطع ١ ـ ٣٩) والبيتا اندورفين B-endorphin (المقطع ٦١ ـ ٩١) والميتانكفالين Met - enkephalin (أول خمسة احمــاض من البيتاأندورفين). وهذه المركبات عبارة عن ببتدات مخدرة طبيعية يفرزها المخ عند تعرضه للألم والضغوط . وفى النخامية الوسطى فإن البادىء يتحول بصورة أخرى فإن الروابط الببتيدية فى تسلسل الكورتيكوتروبين تنقسم بين موضع ١٣ و١٨ منتجة ∝-MSH (١ ـ ١٣ من ACTH) وببتيد مشابه للكورتيكوتروبين Corticotropin-like peptide (CLIP) (١٨ ـ ٣٩ من ACTH) .

يقوم هرمون الكورتيكوتروبين بوظائف عديدة أهمها تلك المرتبطة بغدة الادرينال ، حيث ينبه نمو وتطور قشرة الادرينال ويتحكم فى نشاطها . وتأثيره لا يشمل المنطقة المكببة من الغدة Zona glomerulosa وبذلك فهو ينبه تخليق وإفراز هرمونات قشرة الادرينال السكرية . وتأثيره قليل على إفراز الالدوستيرون . وهناك وظائف أخرى للهرمون تشمل تشجيعه لحركة وأكسدة الدهون وكذلك تجميع صبغة الميلانين بالجلد .

٥ – الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية Gonadotrophic hormones

تفرز الغدة النخامية هرمونين ينظما نمو ونشاط الغدد التناسلية فى الأنثى (المبيض) وفى الذكر (الخصية) وهما الهرمون المنبه للحويصلات Follicle Stimulating hormone ((FSH) وهرمون التبويض Luteinizing hormone (LH) أو المنبه للخلايا البينية للخصية Interstitial cell stimulating hormone (ICSH) . وهذه الهرمونات جليكوبروتينية ويتركب الجزيئى من سلسلتين من الأحماض الأمينية يرتبطا معا بروابط ثنائية الكبريت . السلسلة الأولى ـ الفا تتكون من نحو ٨٩ حامض أمينى فى الـ FSH ونحو ٩٦ فى الـ LH . أما السلسلة الثانية بيتا فتحتوى نحو ١١٥ ـ ١٢٠ حامض أمينى فى الـ FSH ونحو ١١٥ حامض أمينى فى الـ LH . المقطع الكربوندراتى المرتبط بهذه السلسلة يغلب عليه سكر الجلوكوز أو الجلاكتوز وهو ضرورى للنشاط الحيوى للهرمون . ونصف عمر هذه الهرمونات يبلغ نحو ١٥ ـ ٣٠ دقيقة .

توجد هرمونات أخرى لها نشاط مشابه لفعل الجونادوتروبينات ولكن تفرزها

المشيمة خلال الحمل ، مثل هرمون بول السيدات الحامل Human chorionic gonadotropine (HCG) وفعله مشابه لفعل الـ LH . ويظهر بعد ٩ أيام من الحمل . ويفرز كذلك من المشيمة هرمون سيرم الافراس الحامل Pregnant mare serum (PMS) وله فعل مشابه لمخلوط LH + FSH وإن كان يميل للـ FSH . ويظهر بعد ٤٠ يوم من الحمل . وهذه الهرمونات لها نصف عمر أطول من جوناد وتروبينات النخامية ربما يبلغ نحو ٨ ساعات .

يمكن تلخيص فعل جوناد وتروبينات النخامية فى الآتى :

(أ) الهرمـون المنبـه للحويصلات FSH . يقوم فى الذكور بزيادة وزن الخصية وتنبيه عملية تكوين الحيوانات المنوية وخاصة فى المراحل الأولى . وفى الإناث ينبه المراحل الأولى لنمو وتطور حويصلات المبيض ويشجع إفراز الاستروجينات منها وهو لا يستطيع إكمال نضج الحويصلات والتبويض بمفرده ..

(ب) هرمون التبويض LH يقوم فى الذكـور بتشجيـع إفراز هـرمون التستستيرون من الخلايا البينية بالخصية والذى بمساعدته يستكمل تكوين الحيوانات المنوية والمحافظة على النشاط الجنسى . أما فى الإناث فيقوم (مع الـ FSH) بانضاج حويصلات المبيض وتنبيه إفراز الاستروجينات منها . كما يقوم بإحداث التبويض والمساعدة فى تكوين الجسم الأصفر وتشجيع إفراز البروجستيرون منه .

ورغم اختلاف تأثير FSH والـ LH فانهما يتعاونان معا بطريقة تكاملية فمثلا فى الذكور يكون تأثير المعاملة بالـ FSH ضئيل على الأنسجة البينية بالخصية وإضافة LH معه بسبب زيادة إنتاج الخصية عما لو كانت المعاملة بهرمون LH بمفرده . كذلك فى الإناث تكون المراحل الأولى لتطور الحويصلة الأولية إلى ثانوية مستقلة عن تأثير الـ FSH الذى يكون عمله قاصرا على تنبيه انقسام جدر الحويصلات وتراكم السائل الحويصلى بداخلها . وتسبب استمرار المعاملة بالـ FSH زيادة عدد الحويصلات المتطورة للنضج (دون زيادة سرعة تطورها) ولكن حجم ووزن المبيض وسرعة تطور الحويصلات يزيد مع إضافة كميات متزايدة من الـ LH وهذا يدل على أن الهرمونين يعملا معا بطريقة تكاملية ويحتمل بأن أحدهما لا يعمل بدون تأثير الآخر .

٦ – الهرمونـات المنبهـة لتكويـن الليبيـدات Lipotrophic hormones

تفرز الغدة النخامية الأمامية هرمونين لهم القدرة على بناء وحركة الدهون . الأول

بيتا الليبوتروفين B-lipotrophin (B-LPH) يحتوى على ٩٠ حامض أمينى والثانى جاما ليبوتروفين (∝-LPH) ∝-lipotrophin يحتوى على ٥٨ حامض أمينى وهو عبارة عن جزء من الـ B-LPH . السبعة أحماض الأولى من الـ LPH عبارة عن الأحماض الموجودة فى الـ ACTH والـ MSH مما يجعل لهذه الهرمونات فعل مشابه مشترك ويلاحظ أن قدرة البيتاليبوتروفين تبلغ ضعف قدرة الجاماليبوتروفين فى تشجيع بناء الدهون .

ووجود معظم الأحماض الأمينية المكونة للبيتا ـ اندروفين والميتانكفلين كجزء من تركيب البيتا ليبوتروفين واكتشاف المستقبلات المخدرة بالجهاز العصبى المركزى يوحى بأن هذا الهرمون يعمل كبادىء هرمونى للمخدرات الطبيعية داخلية الإفراز . ونظرا لأن البيتاليبوتروفين والكورتيكوتروفين يفرزا استجابة لنفس المؤثرات ، لذلك يحتمل أن هذه المخدرات تفرز طبيعيا إستجابة للضغوط لتقليل الإحساس بها .

هرمونات النخامية الوسطى Hormones of Intermediate Pituitary

وجود فص وسطى مستقل بالنخامية لم يثبت فى الثدييات ولكنه يوجد فى الزواحف والبرمائيات . ويبدوا أن الخلايا المفرزة لمنبه قشرة الأدرينال تقوم بإفراز هرمون النخامية المنبه للخلايا الصبغية Melanocyte Stimulating Hormone (MSH) وهذا الهرمون يوجد منه صورتين الفا ∝-MSH وبيتا B-MSH . الأولى تحوى ١٣ حامض أمينى متماثلة فى جميع الثدييات وتشابه الثلاثة عشر حامض أمينى الأول فى هرمون الـ ACTH أما الصورة الثانية فتحوى ١٨ حامض أمينى فى معظم الثدييات و٢٢ حامض أمينى فى الإنسان .

ويؤدى الهرمون لقتامة لون جلد الحيوانات عن طريق تنبيه تخليق صبغة الميلانين Melanin وانتشارها بخلايا الجلد . وفعالية صورة الالفا تبلغ ٢ ـ ٥ مرات قدر فعالية صورة البيتا . تنظيم إفراز هرمون الـ MSH يتم عن طريق تحت المهاد حيث أمكن استخلاص هرمون مثبط للإفراز MSH - IH (يتكون من ثلاثة أحماض أمينية هى برولين ليوسين جليسين) ويوجد هرمون آخر مشجع للإفراز MSH - RH . ويتم إفراز هذه الهرمونات تحت العوامل البيئية المختلفة . فالضفادع الموجودة فى البيئة المضيئة تكتسب لون الجلد الفاتح وذلك لتجمع حبيبات الصبغة عند مراكز الخلايا الصبغية . وقتامة لون الجلد تحدث عند وضع الحيوانات فى بيئة مظلمة . والحيوانات منزوعة النخامية لا تتأقلم مع تغير الإضاءة مما يثبت أن ذلك يتم من خلال محور تحت المهاد ـ النخامية .

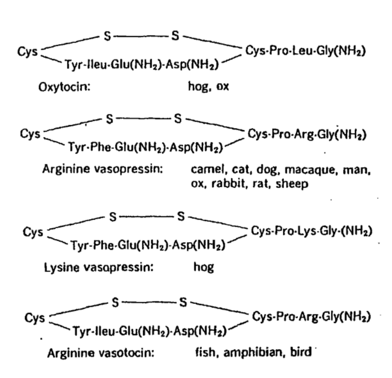
وإفراز الـ MSH يقل بفعل هرمونات الادرينال (الادرينالين ـ هرمون القشرين السكرى) ولذلك ففى حالة مرض اديسون بالإنسان يزيد إفراز الـ MSH بسبب نقص إفراز هرمونات الادرينال مما يؤدى لقتامة لون الجلد . الاستيل كولين يشجع إفراز MSH-RH وبالتالى يشجع إفراز الـ MSH . هرمون الميلاتونين Melatonin المفرز من الغدة الصنوبرية يزيد إفراز الـ MSH - IH بالتالى نقص إفراز الـ MSH من النخامية .

هرمونات النخامية الخلفية Hormones of Posterior Pituitary

تفرز الغدة النخامية الخلفية هرمونين هما الفازوبرسين Vasopressin أو الهرمون المضاد للتبول Antidiuretic hormone (ADH) وهرمون الاكسيتوسين Oxytocin . ويتم تخليقهم بتحت المهاد ثم يرحلا عبر الممر الهيبوثلامى النخامى للنخامية الخلفية حيث يخزنا أو يتحررا بالدم . والذى يؤكد ذلك هو : (١) وجودهما فى تحت المهاد بكميات محسوسة و(٢) تنبيه تحت المهاد يتبعه تحرر كلا الهرمونين و(٣) إتلاف تحت المهاد يؤدى لحدوث مرض الادرار البولى Diabetes insipidus و(٤) الإزالة الكاملة للنخامية الخلفية لا ينجم عنها مرض الادرار البولى الدائم . ورغم هذا فإن هذين الهرمونين يطلق عليهم هرمونات النخامية الخلفية .

يتركب كلا الهرمونين من عديد ببتيد يحوى ٩ أحماض أمينية (شكل ١٠ ـ ٩) . والاكسيتوسين متشابه التركيب فى الثدييات المختلفة . الفازوبرسين يختلف فى بعض الثدييات فغالبية الثدييات تحوى ارجنين فازوبرسين (الموقع ٨ به حامض الارجنين) فى حين أن الخنازير تحتوى ليسين فازوبرسين (الموقع ٨ به حامض الليسين) . وتفرز الأسماك والطيور فازوتوسين له فعل مشابه للفازوبرسين (الموقع ٨ من الاكسيتوسين به حامض ارجنين) .

الفعل الرئيسى للفازوبرسين هو تنظيم الاتزان المائى من خلال فعله على الكلية أما تأثيراته الأخرى فتنتج مع الجرعات العالية منه . حيث يقوم الهرمون بتشجيع إعادة إمتصاص الماء من القنوات البولية الطرفية والمجمعة وذلك بالعمل على زيادة نفاذية أغشيتها عن طريق توسيع ثقوب الغشاء . ويعتبر نقص حجم الدم أو زيادة الضغط الاسموزى للبلازما كما يحدث عند العطش من العوامل الأساسية فى تحرر الفازوبرسين حيث تؤثر على مستقبلات الضغط الاسموزى بتحت المهاد مؤدية لتحرر الفازوبرسين من النخامية الخلفية والذى يؤثر على الكلية فيؤدى لتقليل حجم البول وإعادة التوازن المائى بالجسم . والعكس يحدث عند شرب الماء الذى يؤدى لزيادة حجم الدم ونقص



شكل ١٠ ـ ٩ : تركيب هرمونات الاكسيتوسين، الفازوبرسين والفازوتوسين

ضغطه الاسموزى مما يعمل على تنبيه القلب لإفراز هرمون أو عامل إخراج الصديوم Atrial natriuretic factor (ANF) الذى يعمل على تحت المهاد فيقل إفراز الفازوبرسين على الكلية فيشجع إخراج الماء والصوديوم حتى يصل الجسم لحالة الإتزان المائى .

وظائف الاكسيتوسين تتركز أساسا فى فعله على الغدة اللبنية والرحم ، حيث يشجع الاكسيتوسين خروج اللبن من الضرع عند الرضاعة أو الحليب ويتم ذلك بتنبيه الخلايا الطلائية العضلية المحيطة بحويصلات اللبن . وبدون الاكسيتوسين فإن كمية بسيطة من اللبن يحصل عليها عند الرضاعة . ولا يؤثر الاكسيتوسين مباشرة على إفراز اللبن ولكن تنبيه الهيبوثلاماس الناجم عن الرضاعة ربما يشجعّ إفراز البرولاكتين و / أو أن الاكسيتوسين يشجع إفراز البرولاكتين بالتالى يزيد إفراز اللبن . بالإضافة لذلك يقوم الاكسيتوسين بتشجيع الانقباضات الرحمية التى تلعب دورا هاما فى إنهاء الحمل وبدأ الولادة كذلك يقوم بمنع النزيف عقب الولادة بقفل الأوعية الدموية المقطوعة بواسطة انقباض حويصلات الرحم وعلى المساعدة فى رجوع الرحم لحالته الطبيعية عقب الولادة . ويقوم كذلك بالمساعدة فى نقل الحيوانات المنوية لقناة المبيض بعد التلقيح حيث أن تمدد الرحم عقب انقباض يؤدى لحدوث تفريغ بداخل الرحم يعمل على شفط الحيوانات المنوية (الأخصاب) .

هرمونات الغدة النخامية خاصة الأمامية تسيطر على نشاط عدد من الغدد الصماء الأخرى ولهذا فأى اضطرابات فى نشاط النخامية يظهر كاضطرابات فى نشاط الغدد الهدف . وكثير من حالات فشل إفراز النخامية يرجع فى الحقيقة للخلل الوظيفى لتحت المهاد .

فقد يحدث زيادة فى تخليق وإفراز هرمونات النخامية الأمامية نتيجة لبعض الأورام ويظهر ذلك فى عدة صور مثل التعملق Gigantism الذى يعزى لزيادة إفراز هرمون النمو فى الحيوانات الصغيرة مما يؤدى لنمو مفرط قبل البلوغ . ويكون نمو الأطراف أكبر نسبيا من نمو الجزع وتكون الأعضاء الداخلية متضخمة وتصبح حركة المريض محدودة . وعادة ما يحدث المرض فى مرحلة مبكرة من العمر . زيادة إفراز هرمون النمو فى الحيوانات الكبيرة التى اكتمل فيها نمو العظام يؤدى لتغلظ وتشويه تركيب العظام مع تضخم اضمحلالى فى الأعضاء الداخلية وهى حالة تسمى الاكرومجالى Acromegaly . ولعل أبرز أعراض هذه الحالة هو خشونة وتغلظ عام فى الملامح .

زيادة نشاط الخلايا القاعدية بالنخامية الغدية وخاصة الخلايا المفرزة للكورتيكوتروبين ACTH تؤدى لزيادة إفراز هذا الهرمون وهو ما يؤثر على قشرة الغدة الجاركلوية فتفرز قدرا أكبر من الكورتوزونات . ويظهر على الحيوان أعراض كوشينج Cushing's disease التى تظهر فى صورة إفراط فى تناول الغذاء وسمنه وإفراز بول سكرى وغزارة فى نمو الشعر على الجسم وتغليظ فى تكوين العظام .

نقص إفراز هرمونات النخامية خاصة هرمون النمو فى العمر المبكر يؤدى لتخلف نمو الحيوان وتقزمه Dwarfism وفى هذه الحالة يكون الحيوان متناسق بدنيا ومستوى نشاطه عادى .

أما نقص نشاط النخامية الأمامية فى الأفراد البالغين فيؤدى لظهور أعراض سيموند Simmond's Syndrome التى تتصف بضمور الجهاز التناسلى وضعف الصفات الجنسية الثانوية وسقوط الشعر وإنخفاض معدل التمثيل القاعدى وحرارة الجسم ويختل تمثيل الكربوئدرات ويبدو على الفرد مظاهر الشيخوخة المبكرة . ولقد تم تسجيل لحالة نقص نشاط النخامية فى السيدات عقب الولادة سميت بأعراض شيهان Sheehan's Syndrome تحدث نتيجة لضعف الدورة الدموية والنزيف أثناء الولادة ويتبعها اضمحلال الغدة النخامية وأهم أعراضها إصفرار الجلد وجفافه ويظهر الوجه شاحبا ويسقط الشعر من الحاجب ومن تحت الأبط .

اضطراب نشاط النخامية الخلفية يظهر في صورة مرض البول السكرى Diabetes Insipidus الراجع لضعف إفراز الفازوبرسين فيخرج الحيوان كمية كبيرة من البول المخفف مما يدفع الحيوان لشرب كمية مياه كبيرة للتعويض . ولا يجب الخلط بينه وبين مرض سكر الدم Diabetes mellites الراجع لنقص الانسيولين حيث أن زيادة حجم البول ليست من أعراض مرض سكر الدم .

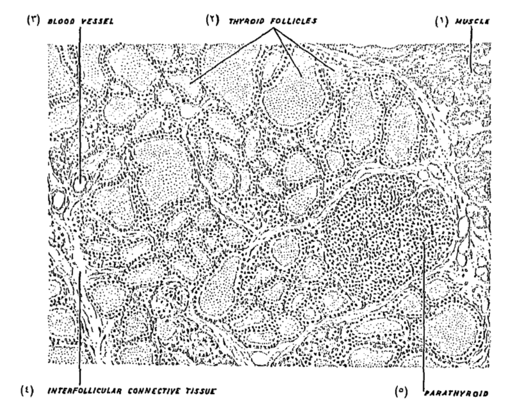
الغـدة الدرقيـــة

Thyroid Gland

عبارة عن تركيب ثنائى الفص يوجد على جانبى القصبة الهوائية ويرتبط الفصين معا بواسطة برزخ Isthmus . ويبلغ وزن الغدة نحو ٢٥ جم فى الإنسان ، ٢ ـ ٤ جم فى الأغنام والماعز ، ٣٥ جم فى الماشية ، ١٣٥ مجم فى الأرانب ونحو ٢٥ مجم فى الفئران . وتتكون الغدة من حويصلات Follicles مجوفة ويبلغ قطرها ٢٠٠ ميكرون وتبطن بطبقة واحدة من الخلايا الطلائية المكعبة أو العمادية . تجويف الحويصلة يمتلىء بمادة غروية Colloid عبارة عن جلوبيولين مرتبط بالثيروكسين . يوجد بين الحويصلات نسيج ضام يحوى الأوعية الدموية والنهايات العصبية اللا إرادية كما يضم الخلايا الجار حويصلة Parafollicalar cells (شكل ١٠ ـ ١٠) . وتفرز الغدة الدرقية هرمونى الثيروكسين Thyroxine (T_4) والثيرونين ثلاثى اليود Triiodothyronine (T_3) من الحويصلات فى حين يفرز الثيروكالسيتونين من الخلايا الجار حويصلية .

تخليق هرمونات الدرقية

تفرز الغدة الدرقية الثيروكسين والثيرونين ثلاثى اليود وعدد أخر من المركبات المحتوية على اليود . فاليود الموجود فى الماء أو الطعام يمتص فى صورة ايوديد غير عضوى (I) وتتميز الغدة الدرقية بقدرة كبيرة على اصطياد اليود الغير عضوى ولذلك يبلغ مستواه بالغدة نحو ٢٥ ـ ٥٠ مرة قدر ما هو بالدم . يتأكسد اليوديد (I) ويرتبط مع الحامض الأمينى التيروسين مكونا تيروسين أحادى اليود Monoiodotyrosine (MIT) ثم إلى تيروسين ثنائى اليود Diiodotyrosine (DIT) . ويتكون الثيروكسين من إتحاد جزئين من التيروسين ثنائى اليود فى حين يتكون الثيرونين ثلاثى اليود من إتحاد جزئى من التيروسين أحادى اليود وجزئى من التيروسين ثنائى اليود مع فقد حمض ؟الالانين أو من



شكل ١٠ ـ ١٠ : يوضح التركيب الدقيق للغدد الدرقية والجاردرقية فى الفئران
(عن فراندسون)

(١) عضلة (٢) حويصلات الدرقية (٣) وعاء دموى (٤) نسيج ضام بين حويصلى (٥) غدة جاردرقية

فقد ذرة يود من الثيروكسين (شكل ١٠ ـ ١١) . بعد أن تتكون هرمونات الدرقية بالخلايا الطلائية تفرز داخل التجويف وهى مرتبطة مع الجلوبيولين مكونة الغروى البروتينى المسمى بالثيروجلوبيولين Thyroglobulin . وهو عبارة عن جليكوبروتين ويحوى نحو ١٠٪ من وزنه كربوئدرات ويفى بحاجة الجسم من هرمونات الدرقية لعدة أشهر عند توقف تخليقها لأى سبب . وعند حاجة الجسم إلى الثيروكسين يفرز انزيم محلل للبروتين Protease يقوم بتحليل الثيروجلوبيولين إلى أجزاء اصغر تشمل الـT_4 ، T_3 ، DIT و MIT . ويفرز الثيروكسين بالدم بنسبة تبلغ نحو ٩٠٪ (٤,٣ مكجم/١٠٠ مل) مل) فى حين أن الثيرونين ثلاثى اليود فيفرز بنسبة ١٠٪ (٣, مكجم / ١٠٠ مل) حيث يتحدا مباشرة مع بعض بروتينات البلازما ليكون البروتين المرتبط باليود Protein bound iodine (PBI) ويقوم الثيرونين بالفعل الهرمونى بالأنسجة .

Tyrosine

3-Monoiodotyrosine (MIT)

3,5-Diiodotyrosine (DIT)

3,5-Diiodotyrosine (DIT)

3,5,3',5'-Tetraiodothyronine

Thyroxine (T_4)

3,5,3'-Triiodothyronine (T_3)

3,3',5'-Triiodothyronine

3,3'-Diiodothyronine

شكل ١٠ ـ ١١ : تخليق وميتابلزم هرمون الثيروكسين

وظائف هرمونات الدرقية

للغدة الدرقية تأثير هام على نمو وتطور الجسم وعلى التمثيل الغذائي ونشاط الأعضاء . الغدة الدرقية هامة لنمو وتطور أنسجة الجسم ويظهر ذلك جليا في الحيوانات التي يستأصل منها الغدة في المراحل الأولى من حياتها ، الأمر الذي يتبعه توقف نمو الهيكل العظمي وتوقف تطور الأجهزة التناسلية وظهور الصفات الجنسية الثانوية والنضج الجنسي المتأخر والتخلف العقلي . الجلد يخشن ويقل نمو الشعر أو الريش أو الصوف عليه .

تؤثر هرمونات الدرقية على العمليات التمثيلية بأنسجة الجسم حيث تشجع استهلاك الأكسجين وإنتاج الحرارة . تمثيل الكربوئدرات يتأثر بالهرمون حيث يزيد تحلل الجليكوجين وتخليق الجلوكوز من مصادر غير كربوئدراتية ويشجع امتصاصه بالأمعاء الأمر الذى يؤدى لزيادة مستوى السكر بالدم واستفادة الخلايا به . وتنبه هرمونات الدرقية تحلل واستهلاك الدهون خاصة عند نقص الكربوئدرات ولذا يقل مستوى الكوليسترول والفسفولبيدات بالدم عند ارتفاع الثيروكسين . وفى المستويات الطبيعية للثيروكسين يسود تشجيع تخليق البروتين (من خلال هرمون النمو) فى حين أن زيادة الثيروكسين تؤدى لهدم البروتين (من خلال هرمونات قشرة الادرينال) . ميتابلزم الفيتامينات خاصة فيتامين أ يتأثر بالثيروكسين الذى يشجع امتصاصه وتخليقه من الكاروتين وكذا فإن الاحتياجات من فيتامينات ب تقل عند زيادة نشاط الدرقية .

الثيروكسين ضرورى للجهاز العصبى ولذلك فنقصه يؤدى للتخلف العقلى وتبلد الشعور وعدم التيقظ لبطء سرعة وصول الاشارات العصبية من المخ لنهايات الأعصاب . ويحتاج الجهاز التناسلى للثيروكسين لينمو طبيعيا وهذا يتم غالبا من خلال تنبيه إفراز الهرمونات المنشطة للغدد الجنسية أو لزيادة حساسية الغدد الجنسية ذاتها لهرمونات النخامية . وإفراز وتخليق اللبن يشجعه لحد ما الثيروكسين الذى ينشط إفراز البرولاكتين و / أو لزيادته توارد الدم للضرع وفتح شهية الحيوان لتناول الطعام وزيادة إفراز العصائر الهاضمة وحركة الأمعاء والامتصاص مما يشجع إفراز اللبن .

يتم فعل الثيروكسين والثيرونين عن طريق تنبيه استهلاك الأكسجين وتخليق البروتين حيث يؤديا لزيادة عدد الميتوكوندريا وحجمها خاصة بالأنسجة الحساسة للهرمون وهو ما يصاحبه زيادة الانزيمات المرتبطة بعملية الأكسدة الفسفورية غير المرتبطة . أى أن الهرمون يشجع عملية أكسدة المواد وزيادة معدل التمثيل مع قلة إنتاج روابط غنية بالطاقة (ATP) وهو الأمر الذى يكون مصحوب بإنتاج حرارة مفقودة . وتنشيط الميتوكوندريا يكون أيضا مصحوبا بتشجيع تخليق البروتين بالخلايا وخاصة الانزيمات التى تشجع عملية النمو خاصة عند التركيزات الفسيولوجية من الثيروكسين . وهذه العملية تتضمن زيادة تخليق الـ RNA النووى وإنزيم RNA-Polymerase المعتمد على الـ DNA الخلوى .

تنظيم نشاط الدرقية

تنظيم إفراز هرمونات الدرقية يعتمد على إفراز الهرمون المنبه للدرقية TSH من النخامية الغدية والذى يخضع إفرازه لتحت المهاد من خلال هرموناته المحررة (TRH)

أو المثبطة (TIH) . مستوى الثيروكسين بالدم يؤثر من خلال المورد الرجعى على المقدار المفرز منه وذلك من خلال تأثيره على النخامية أو تحت المهاد فزيادة الثيروكسين والثيرونين توقف الزيادة فى إفراز الـ TSH من النخامية أو الـ TRH من تحت المهاد (شكل ١٠ ـ ٤) .

وتؤثر الظروف المحيطة بالحيوان كالحرارة أو العوامل النفسية فى تغير نشاط تحت المهاد وبالتالى كمية ونوع الهرمونات المفرزة منه وبالتالى مقدار الـ TSH المفرز من النخامية .

وهناك بعض المواد توقف نشاط الدرقية Antithyroid agents مما يؤدى لزيادة إفراز الثيروتروبين (TSH) من النخامية مما يؤثر على خلايا الدرقية مسببا زيادتها فى الحجم والعدد (جويتر Goitre) . هذه المواد قد توجد طبيعيا فى بعض النباتات مثل الكرنب واللفت والقرنبيط وفول الصويا فتحتوى على مركب الجوترين goitrin . وهناك مواد أخرى مثل الثيوسيانات والثيويوراسيل والسلفاجواندين توقف نشاط الدرقية وقد تستعمل لعلاج حالات زيادة نشاط الدرقية Hyperthroidism .

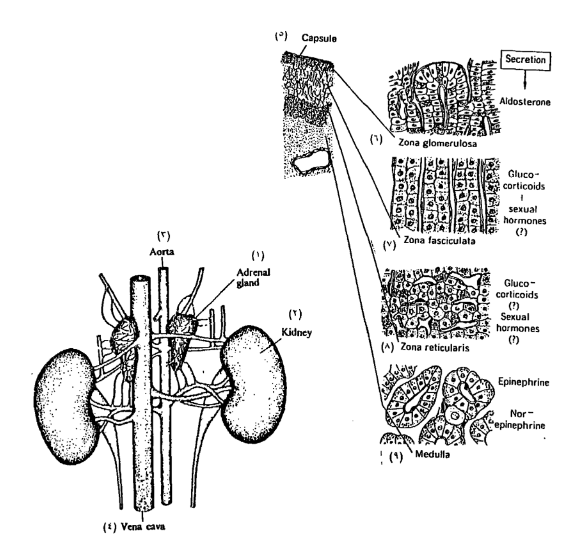
غـدة الأدرينــال (الجاركلوية)

Adrenal Gland (suprarenal)

غدة الأدرينال (الجاركلوية) عبارة عن زوج من الغدد بيضية الشكل توجد على الطرف الأمامى للكلية . وتزن الغدة ١٢ جم فى الإنسان ، ٢ ـ ٣ جم فى الأغنام ونحو ٠,٦ جم فى الأرانب . الغدة فى الثدييات تظهر مقسمة إلى قشرة خارجية Cortex تحيط بنسيج النخاع الداخلى Medulla بينما فى الطيور يتشعب نسيج النخاع خلال نسيج القشرة . وتمول الغدة جيدا بالدم الذى يصلها بواسطة فروع من ثلاثة شرايين ويخرج الدم بواسطة وريد كبير . كما تمول الغدة بعدد كبير من الألياف العصبية تمر للنخاع مباشرة حيث تنتهى متاخمة لخلاياه التى تماثل خلايا العقد السمبثاوية . ولا يبدو أن قشرة الادرينال تستقبل اتصال عصبى (شكل ١٠ ـ ١٢) .

نخاع الأدرينال Adrenal Medulla :

نسيج متجانس نسبيا يتركب من خلايا عصبية بعد عقدية متحورة تحتوى حبيبات إفرازية تصبغ باللون البنى عند تعرضها لثانى كرومات البوتاسيوم ولذلك تسمى بالخلايا



شـكل ١٠ ـ ١٢ : موقـع غـدة الأدرينال فى الحيوانات الثديية وتركيبها التشريحى الدقيق (عن بارنجتـون وبانسـكى)

(١) الأدرينال (٢) الكلية (٣) الأورطى (٤) الوريد الأجوف (٥) حويصلة (٦) المنطقة المكببه (٧) المنطقة الحبلية (٨) المنطقة الشبكية (٩) النخاع

الكروماڤينية Chromaffin cells . ويفرز النخاع هرمونين هما الابنفرين Epinephrine (الادرينالين Adrenaline) والنورابنفريـن Norepinephrine (النورادرينالين Noradrenaline) .

يعتبر الحامض الأمينى الفينيل اللانين أو التيروسين هو بادىء هرمونى نخاع الادرينال . فعند إضافة مجموعة ايدروكسيل (OH) للتيروسين بتكوين داى هيدركسى فينيل اللانين DOPA والذى يتحول إلى دوبامين Dopamine عند نزع مجموعة كربوكسيل منه . إضافة مجموعة ايدركسيل للدوبامين ينتج النورابنفرين الذى يتحول

إلى ابنفرين عند إضافة مجموعة ميثيل (CH_3) له (شكل ١٠ ـ ١٣) . ويفرز الابنفرين من نخاع الادرينال فى حين أن النورابنفرين يفرز من نخاع الادرينال ومن النهايات العصبية السمبثاوية بعد العقدية . وتهدم هذه الهرمونات بسرعة فنصف عمرها يبلغ نحو ٢٠ ـ ٤٠ ثانية .

Phenylalanine

Hydroxylase

Tyrosine

Tyrosine Hydroxylase

Dopa

L-aromatic amino acid Decarboxylase

Dopamine

Dopamine β-hydroxylase

Norepinephrine

Phenylethanolamine n-methyltransferase

(6) Epinephrine

شكل ١٠ ـ ١٣ : تركيب وتخليق هرمونى الابنفرين والنورابنفرين

نخاع الادرينال غير ضرورية للحياة لأن إزالتها أو إتلافها لا يتبعه موت الحيوان . غير أن الغدة تعتبر عضو طوارىء فتنشط عند التعرض للإجهاد والضغوط المختلفة فتقوى وتساعد فعل الجهاز العصبى السمبثاوى . الابنفرين (والنورابنفرين) يسرع ويقوى ضربات القلب مما يؤدى لزيادة ضخ الدم وزيادة سعة الشرايين التاجية ومرور الدم بها . الكميات الكبيرة من الهرمون تؤدى لإنقباض الأوعية الدموية مثل تلك الواصلة للكلية فيقل تكوين البول . والابنفرين أقوى أثر من النورابنفرين فى تنبيه القلب والميتابلزم والعضلات الناعمة وأضعف منه فى فعله على الأوعية الدموية .

تحدث هرمونات نخاع الادرينال تغيرا فى تمثيل الكربوئدرات يتضمن زيادة معدل تحول الجليكوجين إلى جليكوز Glycogenolysis بالكبد مما يرفع سكر الدم الذى قد يدخل العضلات ليكون ATP . كذلك يشجع تحلل جليكوجين العضلات لحمض لاكتيك .

يؤدى الابنفرين لتمدد العضلات الناعمة بجدر القناة الهضمية والمثانة والممرات التنفسية فى حين يؤدى لإنقباض العضلات الناعمة بحويصلة الطحال مما يؤدى لعصر الدم المخزن الغنى بكرات الدم الحمراء الأمر الذى ينجم عنه زيادة حجم الدم وقدرته على حمل الأكسجين . أما العضلات الهيكلية فإن الابنفرين يشجع انقباضها . كما يشجع إنقباض العضلات الناصبة للشعر فيقف .

ويؤثر الابنفرين على الجهاز العصبى مسببا حدوث القلق Anxiety والرعشة Tremors وذلك لخفض عتبة تنبيه التكوين الشبكى بالدماغ .

فعل هرمونات نخاع الادرينال يتم عن طريق زيادة نشاط الادنيل سيكلاز وبالتالى تكوين الادينوزين أحادى الفوسفات الحلقى cAMP الذى ينشط انزيم فسفوريل كيناز الذى يشجع تكوين الفسفوريلز النشط الذى يقوم بتنشيط تحلل الجليكوجين .

إفراز هرمونات نخاع الادرينال يخضع لسيطرة الجهاز العصبى حيث يوجد بالنخاع المستطيل مركز لتنظيم إفرازها . يتأثر هذا المركز بالنبضات العصبية الواصلة من قشرة المخ ، تحت المهاد والمنطقة الوعائية الحسية . وعند الإجهاد فإن هذه النبضات تنبه المركز العصبى مما يؤدى لتنبيه نخاع الادرينال لإفراز هرموناته التى تعمل على مساعدة الجسم لمجابهة الظروف المجهدة . مثال ذلك حالة النزيف والتعرض للبرد ونقص السكر والإجهاد العضلى .

قشرة الادرينـال Adrenal Cortex

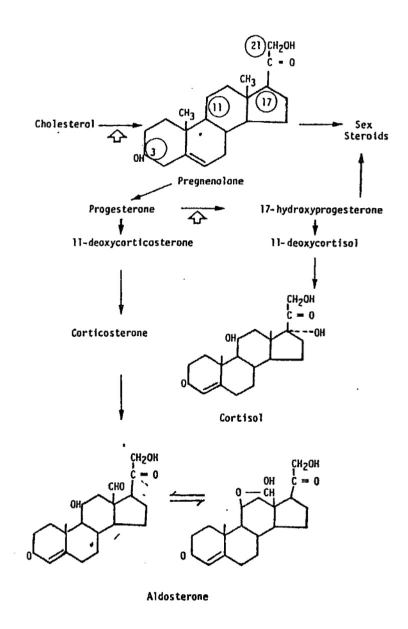
تتركب من خلايا طلائية غدية وتنقسم إلى ثلاثة مناطق مرتبة من الداخل للخارج .

المنطقة الشبكية Zona reticularis تجاور النخاع وترتب خلاياها عشوائيا والسيتوبلازم كثيف الصبغ.يلى ذلك المنطقة الحبلية Zona fasiculata ترتب خلاياها فى صورة أحبال أو أعمدة . وخلايا هاتين المنطقتين تفرز هرمونات القشرين السكرية Glucocorticoids مثل الكورتيزول والكورتيكوستيرون . المنطقة المكببة Zona Glomerulosa تقع تحت القصرة مباشرة وترتب خلاياها فى صورة حلزونية أو دائرية وتفرز هرمونات القشرين المعدنية Mineralocorticoids مثل الالدوستيرون . كما وأن القشرة تقوم فى بعض الحالات غير الطبيعية بإفراز بعض هرمونات الغدد الجنسية الذكرية والأنثوية (شكل ١٠ ـ ١٢) .

تخلق هذه الهرمونات بقشرة الادرينال من الكولسترول الذى يحتوى ٢٧ ذرة كربون . حيث أنه فى وجود الـ ACTH يتحول الكوليسترول إلى برجنانولون يحتوى ٢١ ذرة كربون وهذا يتحول إلى بروجستيرون . البروجستيرون قد يتحول فى وجود انزيمات معينة إلى ١٧ ـ هيدركس بروجستيرون وهذا إلى كورتيزول وكورتيزون كما يحدث فى المنطقة الشبكية والحبلية أو قد يتحول البروجستيرون إلى ١١ ـ دى اوكسيكورتيكوستيرون ثم إلى الالدوسيترون كما يحدث فى المنطقة المكببة (شكل ١٠ ـ ١٤) ونصف عمر الالدوستيرون ٣٠ دقيقة والكورتيزول ١٥ دقيقة .

وظائف الالدوستيرون تتركز أساسا فى خفض فقد الصوديوم عن طريق الكلية حيث يعاد امتصاصه من الأنابيب الملتفة الطرفية بمساعدة الالدوستيرون . ونفس التأثير للالدوستيرون يحدث فى الغدد اللعابية ، الغدد العرقية ومخاطية الأمعاء . التأثير المضاد وهو زيادة إفراز الصوديوم بالبول وما يتبعه من خفض ضغط الدم ربما يحدث بمساعدة البروستاجلاندين وعامل القلب المخرج للصديوم ANF . ويؤثر الالدوستيرون على تمثيل الكربوئدرات ولكن بدرجة أقل كثيرا من هرمونات القشرين السكرية .

وظائف هرمونات القشرين السكرية متعددة والتأثير الأول لهذه الهرمونات يتم على تمثيل الكربوئدرات حيث يسرع عملية تكوين الجلوكوز من مصادر غير كربوئدراتية Gluconeogensis وزيادة امتصاصه من الأمعاء مما يؤدى لزيادة سكر الدم . وقد يرجع جزء من هذا التأثير لتضاد فعل الانسيولين وتسهيل فعل الجلوكاجون والابنفرين. ولهرمونات القشرين السكرية فعل مضاد للإلتهاب Antinflamatory حيث تؤثر على الأعضاء المصابة مؤدية لتقليل الاحتقان والرشح أو إفراز المواد ويقل تكوين الأنسجة



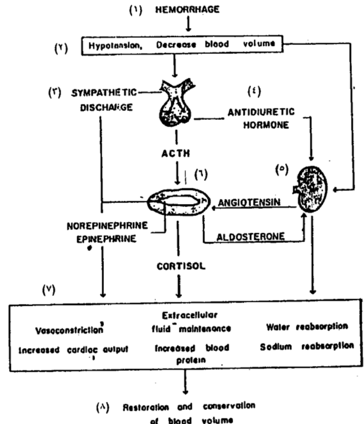
شـكل ١٠ ـ ١٤ : تخليق استرويدات قشرة الادرينال . الأرقام المحاطة بدائرة توضيح مكان فعل الانزيمات فى حين أن السهم المفتوح يشير لمكان فعل الـ ACTH

الليفيه. كما أنها قد تشجع تكوين الأجسام المضادة نتيجة تحلل خلايا البلازما والخلايا اللمفية خاصة عند بدأ المعاملة . وفعلها المضاد للإلتهاب قد يرجع أيضا لخفض الحساسية . وقد تم تخليق بعض المركبات مثل الديكساميسازون Dexamethasone ذو

قدرة مضادة للإلتهاب تبلغ ٢٠ مرة قدر فعل الكورتيزول . ويظهر هذا فى زيادة عدد الخلايا البيضاء الكلية بالدم مع نقص الخلايا اللمفية والايوسينية .

وتشجع هرمونات القشرين السكرية بدأ عملية الولادة . فالكورتيزول بدم الجنين يؤثر على المشيمة لخفض تركيز البروجستيرون ورفع الاستروجين الأمر الذى يشجع إفراز البروستاجلاندين $PGF_{2\alpha}$ مما يزيد من حساسية الرحم للاكسيتوسين . كما أن نقص هرمونات القشرين السكرية يؤدى لبطء نقل الإشارات العصبية وضعف العضلات .

هرمونات قشرة الادرينال لها دور هام لمقاومة الظروف الضارة (شكل ١٠ ـ ١٥) . حيث أن تعرض الحيوان لأى ضرر يشجع إفراز الـ ACTH وبالتالى هرمونات القشرين السكرية التى تقوم بمساعدة الجسم للأقلمة على المعيشة تحت الظروف الضارة . ومعظم الظروف التى تنبه إفراز الـ ACTH تنبه أيضا نخاع



شكل ١٠ ـ ١٥ : الإستجابة الهرمونية لنزيف الدم

(عن سوينسون)

(١) نزيف (٢)نقص ضغط وحجم الدم (٣) تنبيه سمبثاوى (٤) الهرمون المضاد للبول (٥) الكلية (٦) الأدرينال (٧) الجهاز الدورى وسوائله (٨) المحافظة على حجم الدم

الادرينال . وجزء من وظيفة هرمونات القشرين السكرية حفظ إستجابة الأوعية الدموية للكاتيكول امينات . كما أنها تعد ضرورية للكاتيكول امينات لتقوم بفعلها المحرك للأحماض الدهنية التى تعتبر مصدر الطاقة عند الطوارىء .

إفراز الالدوسترون ينظمه عاملين هما : (١) الرنين Renin المفرز من الكلية وذلك إستجابة لنقص معدل مرور الدم بها أو نقص الصوديوم بالدم . يعمل الرنين على تحويل جلوبيولين الدم إلى انجيسوتنسين I ثم إلى انجيوتنسين II الذى ينشط إفراز الالدوسترون . (٢) هرمون منبه قشرة الادرينال ACTH يساعد فى إفراز الالدوسيترون مباشرة أو يشجع الإفراز الذى يبدأه الانجيوتنسين II .

إفراز هرمونات القشرين السكرية يخضع أساسا لسيطرة الهرمون المنبه لقشرة الادرينال ACTH المفرز من النخامية تحت تأثير الهرمون الهيبوثلامى المحفز (CRH) . فعند زيادة إفراز الـ CRH تحت ظروف الاجهاد يزداد إفراز الـ ACTH بالدم حيث يصل لقشرة الادرينال مؤديا لزيادة إفراز هرمونات القشرين السكرية وهذه عند زيادة مستواها بالدم تؤثر على تحت المهاد وتثبط إفراز الـ ACTH . وإفراز هرمونات القشرين السكرية بالحيوانات الطبيعية متغير كثيرا حيث توجد به تغيرات دورية مرتبطة بطبيعة نشاط الحيوان ففى الفئران يحدث أقصى إفراز بالليل عندما يكون الحيوان نشيطا بينما فى الحيوانات التى تنشط نهارا يكون أقصى إفراز بالنهار . ففى الخيول تركيز الكوكورتيكويدات يبلغ نحو ٥,٢٧ نجم / مل فى الصباح والمساء على التوالى .

فعل هرمونات القشرة يتم بعد دخولها للخلية حيث ترتبط بمستقبل بروتينى خاص بالسيتوبلازم . معقد المستقبل البروتينى والهرمون يدخل للنواه حيث يرتبط مع الـ DNA هذا الارتباط يؤثر على الجينات لتخليق mRNA والذى يعمل على تخليق جزيئات بروتينية ذات نشاط انزيمى معين تقوم بالعمليات المميزة للفعل الهرمونى .

اضطرابات غدة الادرينال

هرمونات نخاع الادرينال ليست ضرورية للحياة لأن إزالة نخاع الادرينال لا يتبعه تغيرات فسيولوجية كبيرة . ولكن قشرة الادرينال ضرورية للحياة فالغياب الكامل لقشرة الادرينال يتبعه تغيرات فسيولوجية يصعب تحديدها وتظهر فى صورة هزال ، تعب سريع ـ عدم تحمل الجوع ـ انخفاض ضغط الدم ـ استجابة عالية للانسيولين وإنخفاض القدرة على مقاومة الضغوط . وهى أعراض مرض اديسون Addison's disease والذى ينتهى غالبا بالموت . أما زيادة إفراز القشرة فغالبا ما يؤدى لحدوث مرض يسمى مرض

كوشينج Cushing's disease وأعراضه عبارة عن زيادة الشهية للأكل،زيادة شرب الماء وإخراج البول السكرى ، غزارة نمو الشعر بالجسم وتحلل العظام . قد يحدث خلل فى قشرة الادرينال بالأطفال يؤدى لزيادة إفراز الهرمونات الجنسية مما يؤدى لتطور مبكر للأجهزة التناسلية والوصول للبلوغ فى سن صغيرة وانتشار الشعر بغزارة على الجسم خاصة بالإناث .

هرمونـــات الغـدد الجنســـية

Gonadal Hormones

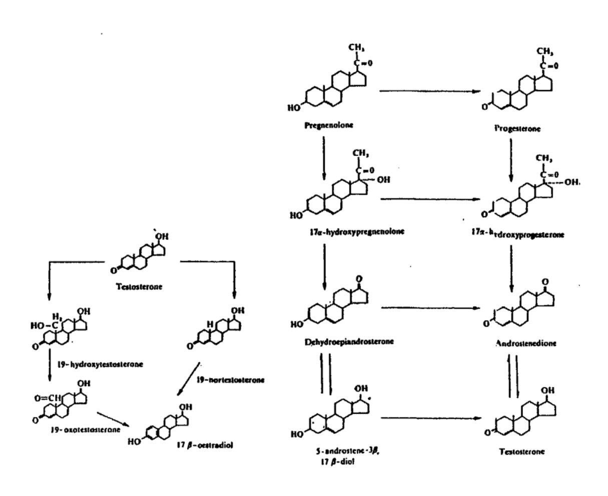
هرمونات الغدد الجنسية أو هرمونات الجنس Sex hormones عبارة عن مجموعة الهرمونات التى تفرز أساسا من الخصية فى الذكر أو المبيض فى الأنثى . وهى عادة ما تقسم إلى أربعة أقسام : الاندروجينات Androgens ، الاستروجينات Estrogens، البروجستينات Progestins والريلاكسين Relaxin .

وتعتبر الخلايا البينية Interstitial cells أو خلايا ليدج Leydig cells الموجودة بين القنوات المنوية بالخصية هى مصدر هرمون الجنس الذكرى Androgen (شكل ١٢ ـ ٣) . فى الإناث الغير حوامل يعتبر المبيض هو المصدر الرئيسى لإفراز الاستروجينات والبروجستينات حيث تفرز خلايا البطانة الداخلية Theca interna الاستروجين فى حين تفرز الخلايا المحببة Granulosa البروجستينات (شكل ١٢ ـ ٥) . أما فى الحيوانات الحوامل فإن المشيمة والجسم الأصفر والغدة اللبنية تعتبر مصدرا للاستروجينات والبروجستينات . ويحتمل إفراز هذه الهرمونات بقشرة الادرينال لأن بعضها يمثل مرحلة فى تخليق هرمونات قشرة الادرينال . وكذلك قد تفرز من الضرع. أما الريلاكسين فإن مصدره المبيض فى الحيوانات التى تحتاج المبيض لصيانة الحمل (الماعز ـ الأرانب ـ الفئران) والمشيمة فى الأنواع الأخرى التى لا تحتاج للمبيض .

يتم تخليق هرمونات الجنس الاستيرويدية من الكوليسترول (٢٧ ذرة كربون) الذى تنفصل عنه سلسلة جانبية تحوى ٦ ذرات ليتكون برجنانولون يحوى ٢١ ذرة كربون ويتبع ذلك تحول البرجنانول إلى بروجستيرون يحوى مجموعة كيتون بذرة رقم ٣ ورابطة مزدوجة بين كربونى ٤ ، ٥ لازمة لنشاط الهرمون . ويعتبر البروجستيرون بادىء تخليق هرمونات الذكر وخاصة التستستيرون Testosterone الذى يحتوى ١٩ ذرة كربون بعد فصل ذرات الكربون رقم ٢٠ ، ٢١ . وتعتبر مجموعة الكيتون على كربون

رقم ٣ ومجموعة الايدروكسيل على كربون رقم ١٧ لازمين لنشاط الهرمون (شكل ١٠ ـ ١٦) وهناك بعض الحيوانات مثل الفئران تفرز الاندروستيندديون Androstendione بدلا من التستستيرون .

هرمونات الاستروجينات تتكون من ١٨ ذرة كربون وتخلق من هرمون التستستيرون بعد فصل ذرة الكربون رقم ١٩ وتكوين ثلاثة روابط مزدوجة فى الحلقة الأولى بالهرمون (شكل ١٠ ـ ١٦) . ويعتبر الاستراديول ـ ١٧ بيتا أهم الاستروجينات (الإنسان ـ الماشية ـ الأفراس) ويليه الاسترون (الأغنام) . ونصف عمر هذه المركبات يبلغ نحو ٢٥ ـ ٣٠ دقيقة .



شكل ١٠ ـ ١٦ : يوضح على الجانب الأيمن تخليق البروجستيرون والتستستيرون وعلى الجانب الأيسر تخليق الاستراديول من التستستيرون

الريلاكسين عبارة عن هرمون عديد الببتيد يختلف تركيبه فى الأنواع المختلفة . ففى الماشية يحتوى على نحو ٦٢ حامض أمينى مرتبة فى سلسلة مستقيمة ولكن فى الخنازير فيحتوى ٤٨ حامض أمينى مرتبه فى سلسلتين يضما ٢٦,٢٢ حامض ويرتبطا بثلاثة روابط ثنائية الكبريت.

النباتات الخضراء مثل البرسيم وبعض النباتات البقولية الأخرى تحتوى على مركبات ذات نشاط استروجينى غالبا ما تكون مشتقات الايزوفلافون Isoflavone وهى عندما تكون موجودة بتركيز كبير قد تسبب مشاكل كثيرة فى خصوبة الحيوانات . كما تم تخليق عديد من المركبات ذات النشاط الاستروجينى مثل الداى اثيل استلبسترول Diethylstilbestrol (DES) ومركبات ذات نشاط بروجستينى مثل النوراثندرون Norethindrone (شكل ١٠ - ١٧) . وبعض هذه المركبات استخدام بنجاح فى علاج بعض الاضطرابات التناسلية وتنظيم الشياع والحمل . كما أن بعضها الاخر استخدام لزيادة نمو وتسمين حيوانات اللحم .

Isoflavone

ايزوفلافونه

HO–C6H4–C(C2H5)=C(C2H5)–C6H4–OH

Diethylstilbestrol

داي أثيل استلبسترول

Norethindrone نوراثندرون

شكل ١٠ - ١٧ : بعض المركبات المختلفة ذات النشاط الاستروجينى والبروجستينى

وظائف هرمونات الغدد الجنسية :

١ – وظائف الاندروجينات

تقوم الاندروجينات بوظائف عديدة أهمها تنشيط تكوين الحيوانات المنوية بالخصية فى الذكور . كما أنه يمد طول حياة الحيوانات المنوية المخزنة بالبربخ . ويزيد التستستيرون من نمو ونشاط الأعضاء الجنسية الثانوية مثل الحويصلات المنوية ، البروستاتا ، غدد كوبر ، القضيب وكيس الصفن . وخصى الحيوانات البالغة يؤدى لضمور هذه الأعضاء وقلة نشاطها فى حين أن الخصى فى عمر مبكر يؤدى لفشل تطور هذه الأعضاء . وتعتمد الصفات الجنسية الثانوية بدرجة كبيرة على الاندروجينات مثل نمو الشعر ، القرون ، نمو الحنجرة وتكتل العضلات وتغليظ العظام والتركيب الجسمانى الذى يميل إلى سعة الصدر وضيق الخاصرة والحوض . كما أن الهرمون يشجع نمو عرف الديوك . شراسة الذكور وسلوكها الجنسى ورغبتها فى التلقيح هى من الصفات الجنسية التى تعتمد على أثر الاندروجين .

ويقوم التستستيرون بتأثيرات غير مرتبطة بالتناسل حيث يشجع بناء المواد الازوتية والعظام فالمعاملة بالهرمون تسبب زيادة احتجاز الازوت ، البوتاسيوم ، الفسفور وزيادة مقدار العضلات الهيكلية . هذا التأثير استثمر فى مجال إنتاج اللحم من الحيوانات الزراعية بتخليق اندروجينات تبلغ فيها نسبة النشاط البنائى للنشاط الاندروجينى نحو ٢٠ : ١ مقارنة لنسبة ١ : ١ للتستستيرون . وتزيد الاندروجينات معدل التمثيل القاعدى بحوالى ٥ - ١٠٪ وهو الأمر الذى يعزى لفعل الهرمون على بناء البروتين وذلك بالتعاون مع هرمون النمو . كما أن الاندروجين يشجع إعادة امتصاص الصوديوم فى الأنابيب الطرفية بالكلية وهو ما قد يؤدى لزيادة حجم الدم والسوائل خارج الخلايا بعد البلوغ .

٢ – وظائف الاستروجينات

يقوم الاستروجين بعدة وظائف أهمها تلك المرتبطة بالتناسل مثل التمييز الجنسى للجنين رغم أن جنس الجنين يتعدد لحظة إخصابة تبعا لنوع كرموزوماته .ولكن فى العمر الجنينى المبكر يحتوى الجنين على قنوات ولف Wolffian ducts التى يتحور منها الأعضاء التناسلية الثانوية للذكر وقنوات ميلار Mullerian ducts التى يتحور منها الجهاز التناسلى الأنثوى . ودور الاستروجين فى التمييز الجنسى أهم من دور الاندروجين .

ويزيد الاستروجين من حساسية الخلايا المحببة بالمبيض للهرمون المنبه للبويضات FSH وانقسام الخلايا فى النسيج الطلائى الجرثومى . نمو الرحم وزيادة إفرازاته يشجعها الاستروجين الذى يسبب زيادة معدل وسعة الانقباضات الرحمية واحتقان المهبل بالدم ونمو النسيج الطلائى وتقرنه . ويحدث تنبيه لنمو الغشاء المخاطى لقناة فالوب وتكثر أهدابها ونشاطها العضلى . ويساهم الهرمون فى إظهار السلوك الجنسى للأنثى وحدوث الشياع من خلال فعله على تحت المهاد . والاستروجين يشجع نمو النظام القنوى بالغدة اللبنية لجميع الثدييات ولعل هذا يفسر قيام الغدة اللبنية بتخليق الاستروجين خاصة قرب نهاية الحمل مما دعا لاعتبار الغدة اللبنية أحد الغدد الصماء .

وللاستروجينات تأثيرات غير مرتبطة بالتناسل حيث تشجع نمو الجسم عموما فتنشط انقسام الخلايا وتزيد تكوين الدهون وتوزيعه بالجسم . الهرمون كذلك يزيد المحتوى المائى بالجسم وتنبيه الاحتفاظ بالصوديوم والكالسيوم والفسفور والازوت . ويتأثر ميتابلزم العظام بالاستروجين حيث يسبب تنبيه تطور معالم الأنوثة ونضج غضروف مفصل الساق . ويؤثر الهرمون على هرمونات الغدد الأخرى حيث يسبب زيادة تخليق الجلوبيولين الرابط للثيروكسين (TBG) وكذلك الرابط لهرمونات قشرة الادرينال Transcortin مما قد يؤدى لظهور أعراض نقص هرمونات الدرقية والادرينال حيث أن مقدار الهرمون الحر ينقص .

٣ - وظائف البروجستيرون

يقوم البروجستيرون بعدة وظائف مرتبطة أساسا بالتناسل فيعتبر وجود قدر ولو قليل من البروجستيرون ضرورى لإظهار علامات الشياع على الحيوان ولكن المستوى المرتفع منه يمنع حدوث الشياع والتبويض عن طريق تأثيره على تحت المهاد مما يؤدى لخفض إفراز هرمون التبويض ولذلك يستعمل هذا الهرمون مخلوطا مع الاستروجين لمنع الحمل .

يشجع البروجستيرون إكتمال تطور الغشاء المخاطى للرحم استعداداًلانغراس الجنين ونمو المشيمة ويشجع طول والتفاف غدد الرحم مما ينجم عنه زيادة شديدة فى إفرازاتها . كذلك يؤثر على عضلات جدر الرحم فيحد من حركتها . ويشجع الهرمون نمو الغشاء المخاطى للمهبل ويعمل على تقليل حركة الرحم وقناة المبيض . ويعمل الهرمون على صيانة الحمل فنزع المبيض يؤدى للإجهاض خاصة فى بعض الأنواع مثل الماعز والفئران والأرانب والذى يمكن منعه بالمعاملة بالهرمون . ويعمل الهرمون على الغدة اللبنية مشجعا ومكملا لنمو وتطور حويصلات وقنوات اللبن ولذلك يفرز

بكمية محسوسة خلال الحمل من الغدة اللبنية .

٤ - وظائف الريلاكسين

يعمل الريلاكسين بالإشتراك مع الاستروجين والبروجستيرون على زيادة نمو الرحم ومحتواه من الماء كذلك منع عضلات جدر الرحم من الانقباض . ويحدث ارتخاء عضلات عنق الرحم مما يسهل فتحها لخروج الجنين . بالإضافة لذلك يسبب الهرمون انسياب التحامات عظام العانة كما يحدث ارتخاء أربطة العجز والحرقفة مما يؤدى لتوسيع قناة الولادة . وهو يتعاون مع هرمونى الاستروجين والبروجستيرون فى تشجيع نمو وتطور الغدة اللبنية .

ويتم فعل هرمونات الغدد الجنسية الاستيرويدية بطريقة مشابهة للاستيرويدات الأخرى حيث يدخل الهرمون للخلية ويصل للنواه حيث يرتبط مع بروتين مستقبل ويتحول لصور أخرى نشطة ويتبع ذلك تخليق جزيئات mRNA خاصة تنتقل للسيتوبلازم حيث تشجع تخليق بروتينات خاصة (انزيمات) هى التى تقوم بالفعل المميز للهرمون .

تنظيم إفراز هرمونات الغدد الجنسية

يتم تنظيم إفراز هرمونات الغدد الجنسية عن طريق مقدار ما تفرزه الغدة النخامية من الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية (الجوناد وتروبينات) وهذه تخضع فى إفرازها لسيطرة تحت المهاد . فعند حدوث تغير فى بعض المنبهات مثل طول فترة الإضاءة يتنبه تحت المهاد ليفرز هرمونه المحرر للجوناد وتروبينات (GnRH) والذى يؤثر على الغدة النخامية منبها تحرر هرمونى FSH و LH اللذين يشجعا نمو حويصلات المبيض وإفراز الاستروجين من الحويصلات النامية . ثم يقوم الـ LH بالتعاون مع الـ FSH فى إكمال نمو الحويصلة وإنفجارها ليفرز البروجستيرون من الجسم الأصفر المتكون . زيادة إنتاج الاستروجين أو البروجستيرون تعمل عكسيا على مستوى تحت المهاد وربما النخامية لتقلل من إنتاج وتحرر FSH والـ LH . ويلعب البرولاكتين دورا فى المحافظة على إفراز البروجستيرون من الجسم الأصفر فى بعض الأنواع .

إفراز التستستيرون يتحكم فيه أساسا هرمون FSH و LH . هرمون الـ LH ينبه إفراز التستستيرون من الخلايا البينية بالخصية الذى عند وصول تركيزه لمستوى معين يؤثر عكسيا على منطقة تحت المهاد لتقليل الـ LH . إضافة لذلك فإن مركب الانهبين Inhibin المفرز من خلال سرتولى Sertoli بالخصية يثبط إفراز الـ FSH وبالتالى إفراز التستستيرون من هذه الخلايا .

هرمونـــات البنكريـــاس

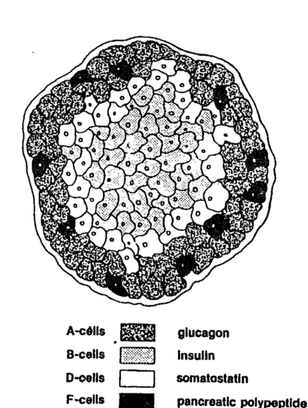
Pancreatic Hormones

تقوم الانزيمات المختلفة بهضم الكربوئدرات إلى مركبات بسيطة أهمها الجلوكوز الذى يمتص بالأمعاء ويحمله الدم للكبد حيث يحول إلى جليكوجين Glycogenesis أو يستخدم كمصدر للطاقة أو يخزن كدهن . تركيز السكر بالدم فى الإنسان يبلغ نحو ٨٠ - ١٢٠ مجم / ١٠٠ مل ونحو نصف ذلك بالحيوانات المجترة . ويزيد التركيز بعد تناول الطعام ولكنه سرعان ما يعود لمستواه الطبيعى . وتوجد حالة توازن بين سكر الدم وكمية الجليكوجين المحول لسكر بالدم فزيادة إستهلاك السكر بالأنسجة يؤدى لإنخفاض تركيزه بالدم مما يدفع الكبد لتحويل جزء من الجليكوجين لسكر Glycogenolysis لتعويض الفقد فى السكر . وعند إنتهاء مخزون الكبد من الجليكوجين يخلق السكر من مصادر غير كربوئدراتية (دهن - بروتين) Gluconeogensis . وتساهم هرمونات البنكرياس مساهمة فعالة فى العمليات السابقة .

البنكرياس عضو مزدوج التركيب والوظيفة فهو يتركب من عيون إفرازية Acini تفرز العصير البنكرياسى وينتشر بينها جزر لنجرهانز Islets of Langerhans التى تنتظم خلاياها كأحبال موزعة بغير إنتظام ويتخللها تعقيدات وعائية . ويوجد أربعة أنواع من الخلايا بهذه الجزر (شكل ١٠ - ١٨) هى خلايا ايه A-cells المفرزة للجلوكاجون وخلايا بى B-cells المفرزة للانسيولين وخلايا دى D-cells المفرزة للسوماتوستاتين وخلايا اف F-cells المفرزة للمركبات عديدة البيتيد .

الانسـيولين Insulin

عبارة عن هرمون عديد الببتيد يتكون من ٥١ حامض أمينى تنتظم فى سلسلتين الأولى تحوى ٢١ حامض أمينى والثانية ٣٠حامض أمينى ويرتبط السلسلتين معا برابطتين ثنائى الكبريت . وتختلف الهرمونات المنتجة فى الحيوانات المختلفة فى الأحماض رقم ٨ ، ٩ ، ١٠ فى السلسلة الأولى . وكان أول استخراج للانسيولين غام ١٩٢١ بواسطة الباحثين الكنديين بانتج Banting وبست Best واحدا من أكثر الأحداث أهمية وإثارة فى تاريخ الطب . كما أن تخليق الهرمون الأدمى بواسطة البكتريا باستخدام طرق الهندسة الوراثية فى عام ١٩٧٥ أحدث تغيرا كبيرا فى مجال علاج مرض السكر .



شكل ١٠ ـ ١٨ : تركيب جزر لنجرهانز بالبنكرياس
(عن ماكدونالد وبينيدا)

الفعل الرئيسى للانسيولين هو زيادة الإستفادة من الجلوكوز فى معظم أنسجة الجسم وذلك بواسطة زيادة نقل الجلوكوز عبر أغشية الخلايا خاصة فى الكبد والعضلات والأنسجة الدهنية . وفعل الانسيولين فى إزالة حاجز دخول الجلوكوز بأغشية الخلايا قد يرتبط بفعله المثبط لتخليق الـ cAMP . ويقوم الانسيولين بالعمليات التالية :

(أ) بالـدم : يؤدى لنقص مستوى جلوكوز الدم لقلة السكر الناتج من الكبد ولزيادة استهلاكه بالخلايا نتيجة أكسدته أو لتحوله لجليكوجين . ويؤدى الانسيولين لنقص بوتاسيوم الدم الأمر الذى يعزى غالبا لزيادة دخول البوتاسيوم مرتبطا مع زيادة دخول الجلوكوز للخلايا .

(ب) الكبد والعضلات : يشجع الانسيولين تكوين الجليكوجين بالكبد والعضلات لزيادة تخليق الانزيم المخلق للجليكوجين Glycogen synthetase . وكذلك يزيد معدل أكسدة الكربوئدرات بالعضلات ويقلل إنتاج الجلوكوز من الكبد وكذلك يقلل تكوين الجلوكوز من مصادر غير كربوئدراتية .

(جـ) الأنسجة الدهنية : يزيد الانسيولين استهلاك وأكسدة الجلوكوز بالأنسجة الدهنية وكذلك يشجع تخليق الدهون بها من الجلوكوز . ويقلل من تحرر الأحماض الدهنية .

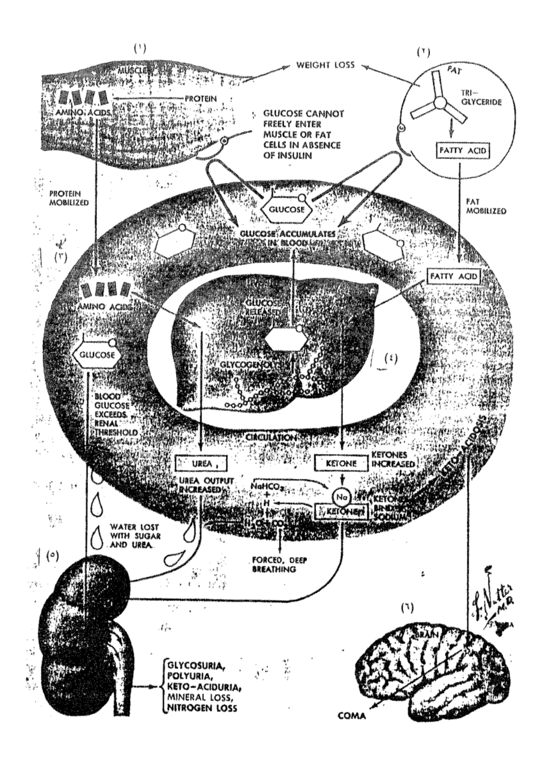
(د) تخليق البروتين : يشجع الانسيولين تخليق البروتينات وتخليق الأحماض النووية التى ترتبط أيضا بعملية النمو .

وعند نقص الانسيولين كما يحدث فى حالة مرض السكر بالدم Diabetes mellitus وكذلك فى حالة نزع البنكرياس تقل قابلية الخلايا لاستعمال الجلوكوز سواء للأكسدة أو لتخليق الجليكوجين وبالتالى تقل نفاذية الخلايا للجلوكوز وهذا يؤدى لزيادة جلوكوز الدم Hyperglycemia . ونظرا لنقص الجلوكوز بالخلايا يحدث تحلل للجليكوجين Glycogenolysis وزيادة تخليق الجلوكوز من الدهن والبروتين . والنتيجة هى إخراج السكر بالبول Glucosuria . وفقد الجلوكوز خلال البول يشمل بالضرورة فقدا مصاحبا للماء والالكتروليتات (ص$^+$ ، بو$^+$) ، زيادة التبول Diuresis ، زيادة تركيز مكونات الدم والجفاف Dehydration (شكل ١٠ - ١٩) . ويؤدى جفاف الخلايا وضعف الدورة الدموية وحموضة الدم الناجمة عن تكوين الأجسام الكيتونية ونقص تنفس الخلايا إلى الإغماء Coma والموت ما لم يعالج الحيوان .

إفراز الانسيولين يخضع أساسا لتغير مستوى الجلوكوز بالدم . فزيادة مستوى الجلوكوز تشجع إفراز الانسيولين الذى يعمل على خفض مستوى الجلوكوز . وهناك عوامل أخرى تشجع الإفراز مثل تناول البروتينات وحقن الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة . كما أن هرمونات القناة الهضمية مثل الجاسترين والسكرتين تشجع إفراز الهرمون . وهرمون الجلوكاجون ينبه إفراز الانسيولين . بالإضافة لذلك فإن للجهاز العصبى تأثير على إفراز الانسيولين يتم من خلال العصب التائه الذى يعمل على تنبيه إفراز الهرمون .

الجلوكاجـــون Glucagon

عبارة عن مركب عديد الببتيد يحتوى ٢٩ حامض أمينى وهو لا يحوى كبارى ثنائية الكبريت . الفعل الرئيسى للجلوكاجون هو زيادة مستوى سكر الدم ويتم ذلك بتحليل الجليكوجين المخزن فى الكبد وتكوين الجلوكوز كما أنه يشجع هدم البروتين ويمنع تخزين الدهون . والجلوكاجون يشجع إفراز الانسيولين والسوماتوستاتين . ويحدث الهرمون فعله نتيجة لتنبيه نشاط انزيم الادنيل سيكلاز الذى فى وجود الماغنسيوم يقوم



شـكل ١٠ ـ ١٩ : الأثار الفسيولوجية الناجمة عن فشل البنكرياس ونقص إفراز الانسيولين
(عن نتر)

(١) عضله (٢) دهن (٣) الدم (٤) الكبد (٥) الكليه (٦) الدماغ

بتكوين cAMP من الـ ATP . ويقوم الـ cAMP بفعله مغيرا العمليات الميتابلزمية التى تتضمن تنشيط انزيم الفسفوريلز الذى يساعد فى تحول الجليكوجين إلى جلوكوز . والملاحظ أن كلا من الجلوكاجون والابنفرين ينشطا عملية الفسفرة بالكبد ولكن عملية الفسفرة بالعضلات ينشطها الابنفرين فقط ، الأمر الذى يرجع غالبا لنوع المستقبلات الهرمونية أو الانزيمات الموجود فى خلايا كلا النسيجين .

إفراز الجلوكاجون ينبهه نقص جلوكوز الدم ، تخليق الأحماض الأمينية من الجليكوجين ، هرمون الجاسترين والكوليسيستوكينين والإجهاد ويثبطه الجلوكوز والأحماض الدهنية الحرة والسكرتين والانسيولين والسوماتوستاتين .

السوماتوستاتين وعديدات الببتيد البنكرياسية

Somatostatin and Pancreatic Polypeptide (pp)

السوماتوستاتين هرمون يفرز من تحت المهاد والبنكرياس والأمعاء . وسوماتوستاتين تحت المهاد يثبط إفراز هرمون النمو وربما الـ TSH من الغدة النخامية . أما السوماتوستاتين البنكرياسي فيفرز من خلايا دلتا بجزر لنجرهانز ويؤدي لتثبيط إفراز الانسيولين والجلوكاجون المفرزين من خلايا بى وايه المجاورة . أما السوماتوستاتين المعدى فيثبط إفراز المعدة الحامض وحركة المعدة والأمعاء وامتصاص الجلوكوز .

عديد الببتيد البنكرياس (pp) فيعتقد بأنه هرمون ينبه إفرازه تناول البروتينات والصيام والرياضة ويثبط افرازه السوماتوستاتين وفعله يبدو أنه مرتبط بالاستفادة من البروتينات والمواد الغذائية الأخرى .

التنظيم الهرمونى لتمثيل الكالسيوم

The calcium regulating hormones

الكالسيوم يرتبط عادة بالهيكل العظمى الذى يحوى نحو ٩٨٪ من كالسيوم الجسم ، إلا أن الكالسيوم بالدم والسوائل خارج الخلايا هام لعدة أنشطة فسيولوجية أخرى . يوجد الكالسيوم بالدم فى صورة متأينة أو مرتبطة بالبروتين ويبلغ تركيزه ١٠ مجم / ١٠٠ مل ويرتبط فعله بالتحكم فى تهيج وإثارة الخلايا سهلة الإثارة وتظهر خلايا العضلات انخفاضا فى عتبة التنبيه . كما أن أيونات الكالسيوم تلعب دورا أساسيا فى تجلط الدم وكذلك فى التحام الخلايا وفى تنظيم نفادية شعيرات الدم .

الفوسفور أيضا عنصر هام بالدم وتركيزه يتناسب عكسيا مع تركيز الكالسيوم (٢ ـ ٥ مجم / ١٠٠ مل) وبالإضافة لأهميته فى تركيب العظام التى تحوى ٨٠٪ من فسفور الجسم فهو مكون رئيسى للأحماض النووية والفوسفولبيدات وكذلك تكوين المركبات الغنية بالطاقة كما أنه يكون جزءا هاما فى التوازن الحامضى ـ القاعدى بالبلازما .

وعملية تنظيم مستوى الكالسيوم والفوسفور بالجسم (شكل ١٠ ـ ٢٠) هى من نتاج تأثير هرمـون الباراثرمون المفرز من الغدد الجاردرقية وهرمون الكالسيتونين المفـرز من الغدة الدرقية وهرمون ١ ، ٢٥ ـ هيدروكسى كولى كالسيفرول المشتق من فيتامين د٣ .

١ – هرمـون الباراثرمـون Parathormone (PTH)

هرمون عديد ببتيد يتكون من ٨٤ حامض أمينى وتفرزه الغدد الجاردرقية Parathyroid glands . وهذه الغدة تتكون من زوج أو أثنين من الغدد الصغيرة تقع عند أو بالقرب من الغدة الدرقية كما فى حالة بعض الثدييات (الإنسان ـ الخيل ـ أكلات اللحوم) أما فى المجترات فقد يوجد بها غدد أخرى تقع خارج الدرقية بالقرب من التشعب الوداجى . والخلايا المفرزة للهرمون هى الخلايا الأساسية Cheif cells ويوجد بالغدة خلايا أخرى شديدة القابلية للصبغ oxyphil cells تمثل درجات مختلفة من النشاط الإفرازىّ .

الوظيفة الرئيسية للباراثرمون هو حفظ مستوى الكالسيوم والفوسفور بالدم ثابتة وذلك يتم من خلال تأثيره على ٣ مواقع بالجسم هى العظام والكلية والأمعاء .

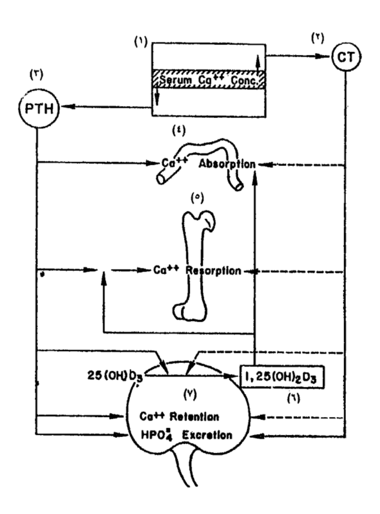
١ – التأثير على العظام : يقوم الباراثرمون بالتأثير مباشرة على العظام مؤديا لتحللها وتحرر الكالسيوم والفوسفات كما أنه يحدث تحلل للمادة الأساسية للعظام Matrix .

٢ – التـأثير على الكليـة : الباراثرمـون يقوم بزيـادة كميـة عنصـر الفوسـفات المخـرجـة بالبـول . ونظـرا لأن الكالسيوم والفوسـفات يوجـدا فى حالـة تـوازن بالـدم ($ca \times po_4 = Const$) فإن زيادة إخراج الفوسفات ينجم عنها زيادة مستوى كالسيوم الدم . كما أن الباراثرمون يثبط امتصاص الفوسفات بالقنيات البولية ويسرع من احتجاز الكالسيوم . ومن تأثيراته كذلك تشجيع تخليق هرمون الداى هيدروكسى كولى كالسيفرول .

٣ – التأثير على الأمعاء والأعضاء الأخرى : يسرع الباراثرمون من امتصاص الكالسيوم والفوسفات بالأمعاء ولفيتامين « د » دور مشجع فى هذه العملية . كما

أنه يقلل من إفراز الكالسيوم باللبن وينبه إفراز البرولاكتين .

فعل الباراثرمون يتم عن طريق تنشيطه للانزيم الادنيل سيكلازوتنبيه تكون الـ cAMP الدى يؤثر على غشاء الميتوكوندريا مؤديا لزيادة كالسيوم الخلايا . وتنظيم إفراز الباراثرمون يتم بواسطة تغير مستوى الكالسيوم بالدم (شكل ١٠ ـ ٢٠) حيث يقل إفرازه عند زيادة الكالسيوم (أو نقص الفوسفات) بالسيرم ويزيد إفرازه عند نقص الكالسيوم (أو زيادة الفوسفات) بالسيرم .



شكل ١٠ ـ ٢٠ : دور الهرمونات فى تنظيم كالسيوم الدم (الخط المستمر تنبيه والخط المتقطع تثبيط)
(عن سوانسون)

(١) الدم (٢) الكلسيوتين (٣) الباراثرمون (٤) الأمعاء (٥) العظام (٦) الكولى كالسيفرول (٧) الكليـه

٢ - هرمـــون الكالســـيتونيـن Calcitonin (CT)

هرمون عديد الببتيد يتكون من ٣٢ حامض أمينى ورابطة ثنائية الكبريت بين الأحماض ١ - ٧ وهو مقطع متشابه بين هرمون الأنواع المختلفة،ويفرز الهرمون من الخلايا التى توجد خارج الحويصلات parafollicular cells بالغدة الدرقية .

الوظيفة الرئيسية للكالسيتونين هى خفض مستوى الكالسيوم بالدم وهو بالتالى يضاد فعل الباراثرمون مما يؤدى لضبط مستوى الكالسيوم بالدم . وفعله مباشرة على العظام وربما أيضا على الكلية والأمعاء (شكل ١٠ - ٢٠) .

١ - التأثير على العظام : يشجع الهرمون تكوين العظام حيث ينشط تكوين الخلايا العظمية وترسيب الكالسيوم والفوسفات بها كما يقلل الهرمون من تحلل وتكسير العظام وهو يمنع رحيل الكالسيوم والفوسفات من العظام للدم وبذلك يؤدى لنقص مستواهم بالدم .

٢ - التأثير على الكلية : الكالسيتونين يقلل إعادة امتصاص الكالسيوم وبالتالى إخراجه بالبول فى حين يشجع إخراج الفوسفات (مثل الباراثرمون) ويثبط تخليق هرمون الكولى كالسيفرول بالكلية .

٣ - التأثير على الأمعاء : حيث يقلل امتصاص الكالسيوم (وربما الفوسفات) من الأمعاء .

ويتم تنظيم إفراز الكلسيتونين عن طريق مورد رجعى بسيط ، حيث يزيد الإفراز ويقل تبعا لإرتفاع أو إنخفاض كالسيوم الدم وفى إتجاه مضاد للمورد الرجعى المنظم للباراثرمون .

٣ - الداى هيدروكس كولى كالســيفرول 1,25-Dihydroxycholecalciferol

فيتامين د٣ (كولى كالسيفرول) تضاف له مجموعة ايدروكسيل بالكبد وينتج مركب ٢٥ - هيدروكس كولى كالسيفرول . ثم تضاف له مجموعة أخرى بالكلية وينتج مركب ١ ، ٢٥ - داى هيدروكس كولى كالسيفرول (شكل ١٠ - ٢١) أو يتكون فى الجلد نتيجة تعرض مركب ٧ - ديهيدور كولسترول لأشعة الشمس أو الأشعة فوق البنفسجية .

هرمون الهيدروكس كولى كالسيفرول يساهم فى تنظيم مستوى كالسيوم الدم وتكلس العظام ويتم ذلك بواسطة تنبيه امتصاص الكالسيوم والفوسفات من الأمعاء وتشجيع نمو

ما تركس الغضاريف والعظام وترسيب المعادن بها . وهناك تعاون مشجع بين الكولى كالسيفرول والباراثرمون .

وينظم إفراز الهرمون بواسطة مستوى الكالسيوم والفوسفات بالدم حيث أن نقص الكالسيوم يشجع إفراز الباراثرمون الذى يقوم بالتالى بتشجيع تخليق وإفراز الهرمون بالكلية . فى حين أن زيادة مستوى الكالسيوم يشجع إفراز الكالسيتونين ومثبط لتخليق الهرمون بالكلية (شكل ١٠ ـ ٢٠) . هرمونى البرولاكتين والنمو والاستروجينات تشجع إفراز الهرمون ، كما أن أشعة الشمس تشجع تخليق الهرمون .

VITAMIN D_3
(CHOLECALCIFEROL)

LIVER
HYDROXYLASE

25-HYDROXYCHOLECALCIFEROL
[25-(OH)D_3]

(II) KIDNEY
HYDROXYLASE

(I) KIDNEY
HYDROXYLASE

24, 25 DIHYDROXY-
CHOLECALCIFEROL
[24, 25-$(OH)_2D_3$]

1, 25 DIHYDROXY-
CHOLECALCIFEROL
[1, 25-$(OH)_2D_3$]

شكل ١٠ ـ ٢١ : تركيب وتمثيل فيتامين د٣
وكيف يتم تخليق هرمون ٢٥،١ ـ داى
هيدروكس كولى كالسيفرول
(عن سوانسون)

هرمونـات الجهـاز الهضمـــى

Gastrointestinal Hormones

تفرز بعض المواد الهرمونية من مخاطية المعدة والأمعاء وتحمل بواسطة الدم أو من خلال تجويف الأمعاء حيث تؤثر على نشاط المعدة ، الأمعاء ، البنكرياس والحويصلة المرارية (شكل ١٠ ـ ٢٢) ويمكن تلخيص تأثير أهم هرمونات القناة الهضمية فى الآتى :

١ – الجاسترين Gastrin : مركب عديد الببتيد يفرز بالدم من خلايا بمقدمة المعدة ويسبب تنبيه الخلايا الجدارية Parietal cells لتفرز حمض الايدروكلوريك . وكذلك ينبه الخلايا الرئيسية لتفرز الببسينوجين Pepsinogen . ويؤثر الجاسترين على الكبد ليزيد من إفراز الصفراء .

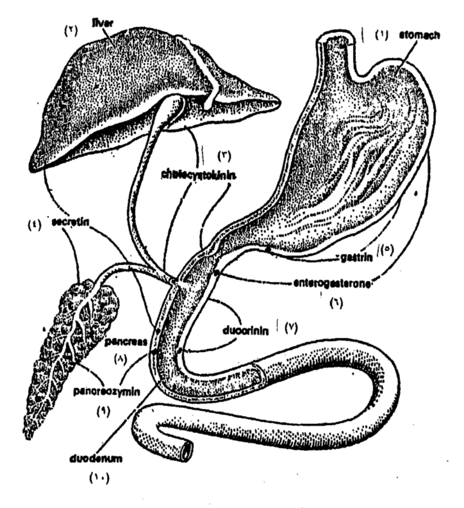
٢ – الكولى سيستوكينين Cholecystokinin : يفرز من مخاطية الاثنى عشر عند دخول مخلوط الطعام ويؤدى لزيادة انقباض الحويصلة الصفراوية وإطلاق الصفراء مما يسرع من عملية هضم الغذاء وخاصة الدهون . ويتشابه فعل هذا الهرمون مع فعل البنكريوزايمين .

٣ – البنكريكوزايمين Pancreozymin : هرمون يفرز من مخاطية الاثنا عشر ويعمل على البنكرياس مؤديا لتحرر عصيره المحتوى على الانزيمات . وهو يتعاون مع هرمون السكرتين لتشجيع إفراز العصير البنكرياسى ودفعه عبر القناة البنكرياسية للاثنى عشر للمساعدة فى الهضم .

ويعمل البنكريوزايين والسكرتين على المعدة لحد ما لتقليل حركة وإفراز المعدة وبالتالى يبطء مرور الطعام للاثنى عشر وفى نفس الوقت تسبب زيادة الإفراز الانزيمى والبيكربوناتى للبنكرياس مما يؤدى لمعادلة الحموضة بالاثنى عشر وزيادة هضم الطعام .

٤ – السكرتين Secretin : هرمون بروتينى يفرز من مخاطية الاثنى عشر عند وصول الطعام الحامضى من المعدة للأمعاء . ويقوم بتنبيه الإفراز المائى للبنكرياس والمحتوى على تركيز عالى من كربونات الصوديوم . ويؤثر السكرتين أيضا على الكبد لزيادة مقدار العصارة الصفراوية .

٥ – الانتيروجسترون Enterogastrone : هرمون تفرزه مخاطية الاثنى عشر استجابة



شكل ١٠ ـ ٢٢ : هرمونات المعدة والأمعاء . مكان الإفراز والتأثير لكل منها يقع داخل القناة الهضمية ولكنها تنتقل من مكان لآخر بواسطة الدورة الدموية

(١) المعدة (٢) الكبد (٣) الكولى سيستوكينين (٤) السكرتين (٥) الجاسترين (٦) الانتيروجسترون (٧) الديكرينين (٨) البنكرياس (٩) البنكريوزايمين (١٠) الاثنى عشر

لوجود الدهون أو لحموضة الكتلة الغذائية القادمة من المعدة أو يفرز استجابة لامتلاء الاثنى عشر . وهو يعمل خلفيا على المعدة ليثبط إفراز الجاسترين من خلايا مقدمة المعدة مما يؤدى لتثبيط الخلايا الجدارية . وكذلك يبطىء حركة وتفريغ المعدة مما يعطى الفرصة لتكسير ومعادلة الكتلة الغذائية بالاثنى عشر . ولذلك يسمى عديد الببتيد المثبط للمعدة . Gastric inhibitory Polypeptide (GIP) .

٦ ـ الديكرينين Duocrinin : هرمون بروتينى عزل من مخاطية الجزء العلوى من الأمعاء الدقيقة وهو منظم لإفراز العصير المعدى .

المـواد شـبه الهرمونيـــة

Hormone-like substances

يوجد العديد من المواد تخلق بواسطة خلايا خاصة فى بعض مناطق الجسم ولها فعل مشابه للهرمونات . وعمل هذه المواد غالبا يكون فى مكان إفرازها أو بقربه ولذلك كثيرا ما تسمى بالهرمونات الموضعية Local hormones وغالبا ما يتضمن فعلها انقباض وانبساط الأوعية الدموية وكذلك انقباض العضلات خاصة الناعمة وأهم هذه المركبات :

١ - هرمونـات الكليـة

تفرز الكلية مركبين لهما نشاط هرمونى هما :

(أ) الانجيوتنسين Angiotensin : هرمون يعمل على المنطقة المكببة فى قشرة الادرينال مسببا إفراز الالدوستيرون الذى يشجع احتجاز الصوديوم بأنابيب الكلية مما يساعد عن طريق الاسموزية على زيادة حجم السائل خارج الخلية . والانجيوتنسين يسبب أيضا انقباض الشرايين عموما وبالتالى زيادة ضغط الدم . ويخلق الانجيوتنسين بمساعدة الرنين ، وهو انزيم محلل للبروتين يفرز من الجهاز قرين الحويصلات Juxtaglomular apparatus عندما ينخفض ضغط الدم الشريانى أو حجم الدم المار بالكلية أو عند انخفاض تركيز الصوديوم فى السائل خارج الخلايا . وبمجرد أن يفرز الرنين بالدم فإنه ينشط تحول مركب الانجيوتنسينوجين Angiotensingen إلى مركب انجيوتنسين I ، وهذا يتحول إلى انجيوتنسين II .

(ب) الارثروبيوتين Erythropoietin : مركب جليكوبروتينى يفرز من الكلية ويسمى بالعامل المنبه لخلايا الدم الحمراء Erythropoietic stimulating factor ويفرز عندما يحدث اختناق للأنسجة (نقص الأكسجين) Hypoxia . وبعضه يفرز من الكبد والطحال وهو يعمل على خلايا نخاع العظام لتزيد من إفراز كرات الدم الحمراء مما يعمل على حمل مقدار أكبر من الأكسجين للأنسجة .

٢ - هرمونـات الغدة الصــنوبرية Pineal gland

توجد الغدة الصنوبرية بالحيوانات الفقرية كجسم مخروطى الشكل يوجد بين التجعيدان

الأماميان للاجسم الرباعية على الجانب الظهرى للمخ الذى تتصل به عن طريق عنق رقيق . وتفرز الغدة هرمونين هما الميلاتونين Melatonin والسيروتونين Serotonin . ويعمل الميلاتونين على تجميع حبيبات صبغة الميلانين بالجلد مؤديا لغياب اللون . ويؤدى الميلاتونين لتأخير النضج الجنسى بالإناث وغياب مظاهر الشياع ، ولكن فى الذكور يزيد وزن الخصية وينشط تكوين الحيوانات المنوية . السيروتونين يفرز من الغدة الصنوبرية وأيضا من القناة الهضمية والكلية والكبد والمخ والصفائح الدموية وهو يؤثر على بعض مراكز الدماغ ، خاصة تلك المرتبطة بالحالة النفسية والسلوك وتلك المرتبطة بتنظيم حرارة الجسم . وللمركب القدرة على تنشيط القلب وتضيق الأوعية الدموية ولذلك يستخدم لعلاج النزيف . كما وأنه يؤثر على مراكز إفراز بعض الهرمونات مثل البرولاكتين .

٣ - هرمونات الغدة التيموسية Thymus gland

توجد الغدة فى الجزء العلوى من التجويف الصدرى فوق القلب على جانبى القصبة الهوائية وهى تنمو وتتطور فى المراحل الجنينية وبعد الولادة حتى تصل لأقصى وزن قرب البلوغ وتبدأ بعد ذلك فى التراجع ربما نتيجة لفعل هرمونات الغدد الجنسية . وتفرز الغدة هرمون التيموسية Thymic hormone الضرورى لتطور خلايا الدم البيضاء اللازمة للمناعة كما يعتقد بأن الهرمون يساهم فى تنظيم وتطور الجهاز التناسلى .

٤ - القلب Heart

تفرز عضلات الأذين الأيمن للقلب هرمونات أو عوامل مخرجة للصوديوم Atrial Natriuretic Factors (ANF) تتركب من ٢٤ ـ ٢٨ حامض أمينى وبها رابطة ثنائية الكبريت أهمها عامل يتركب من ٢٨ حامض . يفرز هذا العامل استجابة لزيادة حجم وضغط الدم الوريدى وزيادة أسموزية الدم . ويقوم بالتأثير على الدماغ مؤديا لنقص إفراز الفازوبرسين وخفض استهلاك الماء والأملاح . وكذلك يؤثر على الغدة الجاركلوية فيقل إفراز الألدوستيرون وربما الكورتيزول . ويؤثر على الكلية فيزيد إخراج الماء والصوديوم وربما البوتاسيوم ويخفض إفراز الرنين وبالتالى تكوين الانجيوتنسين II . ويكون محصلة فعل الهرمون زيادة إخراج الماء والأملاح ونقص حجم الدم . كما أن الهرمون يؤثر على العضلات الناعمة محدثا ارتخاء عضلات الأوعية الدموية والأمعاء وبذلك يقل ضغط الدم .

٥ - البروستاجلاندينـات Prostaglandins

مجموعة مركبات تتخلق من الأحماض الدهنية غير المشبعة المحتوية على أربعة روابط مزدوجة (حمض الاراكيدونيك Arachidonic acid) وتفرز من غدة البروستاتا ، الجهاز العصبى المركزى ، جدار المعدة والأمعاء ، الطحال ، الادرينال ، الرئتين ، الضرع ، وأجهزة أخرى . وتأثيرها متعدد ويشمل المساعدة فى قذف السائل المنوى ونقل الحيوانات المنوية فى القناة التناسلية للأنثى . كما أنها تساعد فى التبويض حيث تثبط إنتاج البروجستيرون نتيجة لتحلل الجسم الأصفر ، مما دعا لإستخدامها فى تنظيم الشياع . وهى تعمل على تسهيل الولادة بتعاونها مع فعل الاكسيتوسين . كما تزيد حركة الأمعاء وتقلل إفراز العصارة المعدية وبالتالى تفيد فى علاج قرحة المعدة . وتساهم البروستاجلاندينات فى تنظيم ضغط الدم وحركة القلب (تقلل نفاذية الأوعية الدموية فينخفض ضغط الدم وتزيد سرعة القلب وحجم دفعاته) . ويتداخل فعل البروستاجلاندينات مع فعل هرمونات أخرى حيث أنها تنبه نظام الرنين انجيوتنسين مما يعمل على زيادة إفراز الالدوستيرون والكورتيزول والاكسيتوسين وتقلل البروجستيرون ، ولكن بعض البروستاجلاندينات تثبط نشاط الانسيولين والجلوكاجون والكاتيكول امينات والباراثرمون . وأخيرا فإن لها تأثير على دور تحت المهاد فى تنظيم حرارة الجسم .

٦ - الهســتاميـن Histamine

يتكون فى خلايا الجلد والأمعاء والرئة وفى الصفائح الدموية والخلايا البيضاء القاعدية . وهو يسبب خفض ضغط الدم ، ينشط إفراز حامض الايدروكلوريك بالمعدة ويقلل من فاعلية هرمونات الأدرينال . الهستامين يسبب الألم والحكة نتيجة تنبيه النهايات العصبية بالجلد خاصة عندما يتحرر استجابة لبعض المواد (البروتين - حبوب اللقاح - الأدخنة) . كما أنه يسبب زيادة نشاط معظم العضلات الناعمة مثل تلك الموجودة فى الرحم والأمعاء والشعب الهوائية لذلك يسبب تضاعف آلام المصابين بالأزمات الصدرية .

٧ - الاســتيل كوليــن Acetyl choline

يفرز عند نهاية الأعصاب الكولنرجية حيث يعمل كناقل عصبى ويقوم أيضا بتسهيل التغيرات الدورية فى نشاط العضلات الناعمة الخالية من الأعصاب (مثل الأغشية

المحيطة بالجنين) وفى عضلات القلب وأهداب الخلايا الطلائية بالقصبة الهوائية .

٨ – كينينات الدم Plasma Kinins

عديدات ببتيد تحوى ٩ ـ ١١ حامض أمينى مثل البراديكينين Bradykinin التى يحوى ٩ أحماض أمينية والكالدين Kallidin ويحوى ١٠ أحماض . وتخلق من جلوبيولين الدم خاصة عند الاحتكاك بالأسطح الغريبة مثل الزجاج أو الطين أو وصول بعض السموم للدم . وهى تسبب انقباض العضلات الناعمة فى نهاية الأمعاء والرحم والشعب الهوائية وكذا اتساع الأوعية الدموية ونقص الدم الشريانى وتزيد من نفاذية الأوعية بما يسمح بهروب البروتينات . وهى تثير النهايات العصبية الحسية مسببة الاحساس بالألم ويثبط الاسبرين فعلها .

الفصل الحادى عشر

الاقلمة للظروف البيئية

Adaptation to environment

اثناء الحياة تسرى المادة والطاقة خلال الجسم ، محدثة اضطرابات للحالة الفسيولوجية الداخلية.وثبات الوسط الداخلى للجسم Homeostasis الذى هو قدرة الكائن الحى على الحفاظ على استقرار حالته الداخلية بالرغم من هذه الاضطرابات يعتبر الصفة المميزة لجميع الحيوانات العليا . ويستلزم ثبات الوسط الداخلى نشاطا متآزرا للعديد من العمليات الفسيولوجية والبيوكيماوية . ومن الممكن الربط بين مراحل التقدم الرئيسية فى تطور الحيوان وبين زيادة استقلاله الداخلى عن نتائج التغير البيئى .

وعادة ما يواجه الحيوان بنوعين من البيئة ، البيئة الخارجية التى تشمل جيمع المؤثرات المحيطة بالحيوان ولا يستطيع التحكم فيها ، والبيئة الداخلية التى تضم السوائل المحيطة بالخلايا والتى قد يستطيع الحيوان ان يغير تكوينها وظروفها فى حدود ضيقة . مكونات السائل خارج الخلايا تشمل الماء ، الاملاح ، البروتينات ، الجلوكوز ، الانزيمات والهرمونات ، وهذه يجب ان يكون تركيزها ثابت لان الخلايا تعمل بكفاءة فى مثل هذه الظروف . كذلك فان البيئة الداخلية تحتضن الانسجة وتعمل كوسط لتبادل المواد الغذائية ومخلفات عملية التمثيل ولتوزيع الوسائط الكيماوية بمختلف انواعها .

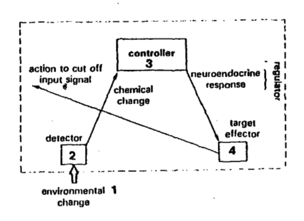
ومفهوم البيئة الداخلية وثبات الوسط الداخلى كان الفضل للعالم كانون W. B. Cannon فى صياغته واستخدم اولا لوصف العلاقة الوظيفية بين الجهاز العصبى الذاتى والهرمونات المنظمة للتمثيل الغذائى فى الثدييات . ولقد ثبت ان البيئة الداخلية للحيوان لا تبقى ثابتة تماما ، ولكن على الاصح تبقى كذلك فى حدود تذبذبات او تغيرات يمكن للجسم ان يتحملها دون تأثير على وظيفته . ويتحقق ثبات الوسط الداخلى بتناسق نشاط عديد من اجهزة الجسم مثل الجهاز الدورى ، الجهاز العصبى ، الجهاز الهرمونى وكذلك ايضا الاعضاء التى تخدم كأماكن للتبادل مع البيئة الخارجية مثل الكليتين ، الرئتين ، القناة الهضمية والجلد . فعن طريق هذه الاعضاء يدخل للجسم الاكسجين والمواد الغذائية والمعادن والمكونات الاخرى لسوائل الجسم ويتم تبادل الماء وفقد الحرارة كما تطرد فضلات عملية التمثيل .

ميكانيكيات ثبات الوسط الداخلى Mechanisms of homeostasis

تحسين انتاجية حيوانات المزرعة يستلزم انتخاب الحيوانات عالية الانتاج وهذا يحتاج لفهم الطرق الاساسية التى يستخدمها الجسم فى ثبات الوسط الداخلى . هذه الطرق هى بالضرورة متشابهة فى جيمع الثدييات . فمثلا لدرجة الحراة تأثير فعال على سرعة التفاعلات الكيموحيوية وبالتالى على عمليات التمثيل ونشاط جميع الحيوانات . وتنقسم الحيوانات على اساس ان درجة حرارة الجسم قد تكون متغيرة على حسب حرارة البيئة Poikilothermic مثل اللافقاريات والحيوانات الاولية ، او ان درجة الحرارة قد تكون ثابتة Homothermic رغم تغير حرارة البيئة المحيطة مثل الثدييات والطيور . وتستخدم الحيوانات سبلا مختلفة لحفظ حرارة البيئة الداخلية ثابتة بالرغم من تغير حرارة البيئة نتيجة معيشتها فى الاجواء الحارة والباردة . وهذه تتضمن ضبط معدل التمثيل ، التنفس ، دورة الدم ، نقل السوائل والالكتروليتات وسمك الجلد وما عليه من أغطية . حجم السائل خارج الخلايا والدم المار يتحدد حسب الحاجات الخاصة بواسطة طرق تؤثر على دوران الدم ونقل الملح والماء .

وتحافظ الحيوانات على اتزانها المائى بتقليل احتياجاتها وتعويض كل الماء المفقود خلال البخر عن طريق الجلد والرئة والماء الخارج فى البول والبراز بكمية مساوية يحصل عليها عن طريق الشراب ومع الطعام وعن طريق نواتج عملية التثيل (الماء الناتج من اكسدة ايدروجين الغذاء) .

طرق حفظ ثبات الوسط الداخلى فى الحيوان تتم من خلال نظم المورد الرجعى المعقدة (شكل ١١ - ١) والتى تتم بواسطة تناسق وتكامل مختلف اجهزة الجسم تحت



شكل ١١ - ١ : شكل يوضح نظام المورد الرجعى المنظم لثبات الوسط الداخلى
١ - تغير بيئى ، ٢ - مستقبل عصبى ، ٣ - مركز التنظيم والتحكم ، ٤ - عضو هدف (عن هيث وأوليسانيا)

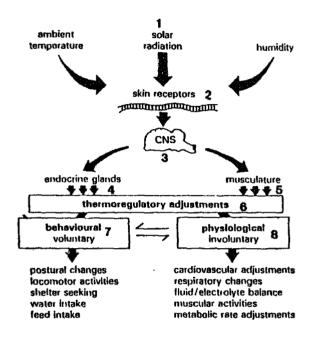
الظروف المختلفة . وهذه بالتالى تنظمها عمليات فسيولوجية مثل استخدام انتشار المواد تبعا لقوى فرق الضغط ، النقل تبعا لقوة فرق التركيز ، النقل النشط ومختلف الوسائل المنظمة المحكومة بواسطة الجهاز العصبى الهرمونى .

الجهاز العصبى المركزى وافرازات الغدد الصماء غالبا ما تكون هى المسؤولة عن صيانة ثبات الوسط الداخلى (شكل ١١ - ٢) ويقوم المخ والحبل الشوكى وكذلك مختلف الجزوع العصبية الواردة او الصادرة بنقل النبضات الحسية والمحركة على التوالى من والى جلد الحيوان ، العضلات والاعضاء المختلفة . وتعتبر منطقة تحت المهاد من اهم اجزاء الجهاز العصبى المركزى فى تنظيم ثبات الوسط الداخلى ، فهى مركز التحكم فى تنظيم حرارة الجسم ، وتناول الغذاء والماء ، تنظيم الضغط الاسموزى ونشاط الجهاز الدورى .

تحت المهاد تعمل ايضا كوسيط هام بين الجهاز العصبى والغدد الصماء من خلال افرازاتها العصبية أو هرموناتها التى تصل للغدة النخامية . وفى عملية صيانة ثبات الوسط الداخلى فان الغدة النخامية تنشط مباشرة فى حين أن الغدتين الدرقية والجاركلوية تنشط بطريقة غير مباشرة . وهناك علاقة عكسية بين الظروف البيئية ومعدل التمثيل الغذائى القاعدى والذى ينظمه ايضا الجهاز العصبى الهرمونى .

الجهاز العصبى الذاتى قد يكون له بعض الدور فى حفظ ثبات الوسط الداخلى ، حيث ان وظيفة الاعصاب الباراسمبثاوية مرتبطة بتنظيم الانشطة اليومية كالهضم وانتظام مرور الدم . فى حين ان الاعصاب السمبثاوية المرتبطة بتجهيز الحيوان للهجوم والدفاع فانها عندما تنشط يزيد مرور الدم للاطراف ويقل مروره للاحشاء وبالتالى تبطىء عملية الهضم .

والدم جزء هام من البيئة الداخلية للحيوان ويلعب دوراً هاماً فى انشطة ثبات الوسط الداخلى . والجهاز الدورى نفسه يحتاج لتنظيم من خلال تأثير الجهاز العصبى الذاتى والهرمونات على سرعة القلب ، حجم الدم الخارج من القلب ، ضغط وتركيب الدم . والدم يساعد فى تنظيم حرارة الجسم ، حفظ تركيز ثابت من الماء والالكتروليتات بالخلايا ، حفظ تركيز ايونات الايدروجين بالجسم ويساعد فى الدفاع ضد الكائنات الدقيقة . ويساهم فى هذه العملية كلا من خلايا الدم ومكوناته السائلة .



شكل ١١ - ٢ : عمليات التعويض الحادثة لتثبيت الوسط الداخلى للحيوانات عند تعرضها لظروف بيئية مختلفة. (١ - عوامل بيئية ، ٢ - مستقبلات بالجلد ، ٣ - جهاز عصبى مركزى ، ٤ - غدد صماء ، ٥ - عضلات ، ٦ - ضوابط تنظيم الحرارة ، ٧ - تغيرات سلوكية إرادية ٨ - تغيرات فسيولوجية لا ارادية) (عن هيث وأوليسانيا)

مناخ العالم World climates

المناخ عبارة عن توليفة عناصر تضم الحراة ، الرطوبة ، الامطار ، حركة الهواء ، ظروف الاشعاع ، الضغط الجوى والتأين . وقد عملت عدة محاولات لتوصيف المناخ وأفضلها هو الذى وصفه هولدردج Holdridge 1959 ويضم مكونات مثل خطوط العرض والارتفاع ، مستوى الامطار ومتوسط الحرارة وهو ما يهم المزارعين بصفة خاصة (شكل ١١ - ٣) . والاقسام المناخية الرئيسية فى العالم يمكن وضعها تحت الاقسام التالية : مناطق رطبة استوائية ، رطبة تحت حارة ، رطبة قارية (أوروبية) ، مناخ جاف (صحراوى) ، ممطر جاف استوائى واخيرا المناخ الجاف (شبه قاحل وتحت رطب) . وبالطبع فهذه الاقسام لا توضح الاختلافات المناخية المحيطة بالحيوان مباشرة Microclimates .

ويهمنا فى هذا التوصيف المنطقة ذات المناخ الجاف او شبه الجاف ، فهذه المنطقة المناخية ذات الرطوبة المنخفضة تتصف بتغيرات موسمية حادة مع قلة سقوط الامطار وموسم جفاف طويل . تغيرات درجة الحرارة اليومية والموسمية تكون واسعة ، الرطوبة قليلة فى معظم فترات العام وكذلك فان اشعة الشمس شديدة نظراً لجفاف الجو

وصفاء السماء . ورغم ان المعدل السنوى لسقوط الامطار يتراوح بين ٢٥٤ – ٥٠٨ ملم (١٠ – ٢٠ بوصة) فان سقوط الامطار قد يكون شديدا وغير منتظم الحدوث . هذا المناخ يلاحظ فى المناطق شبه الجافة بوسط أفريقيا والتى تضم مصر ، جنوب وشمال مناطق السفانا ، فى غرب آسيا والهند ، فى شمال استراليا وفى مناطق صغيرة من شمال ووسط وجنوب امريكا . هذه المنطقة المناخية المتصفة بقلة الرطوبة تكون اكثر مناسبة للانتاج الحيوانى عن اى نوع آخر من الزراعة ، ولكن انتاجية الحيوانات تقل نتيجة لعدم توافر الغذاء والماء وبالتالى الاجهاد الغذائى وكذلك الاجهاد المناخى . مقاومة الطفيليات الداخلية والخارجية تكون اكثر سهولة ولكن مقاومة الامراض الوبائية ما زالت صعبة . هذه المنطقة تحت الحارة تكون اكثر مناسبة لتربية الماعز ، الاغنام والجمال عن الماشية . وفى الاماكن الاكثر جفافا فان الحيوانات البرية قد تكون اكثر اقتصاداً ومناسبة للبيئة .

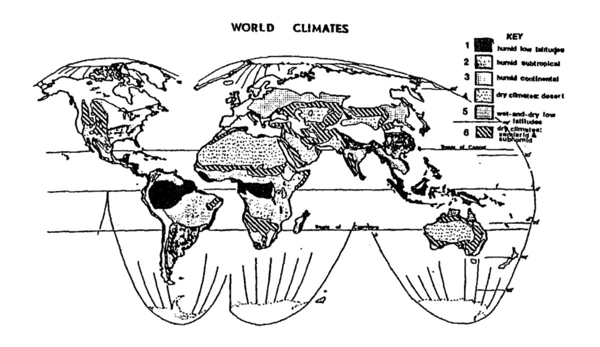
الصحارى ذات المناخ الجاف توجد فى المناطق تحت الحارة وقد تكون بعيدة عن خط الاستواء ، غير ان مساحات صغيرة من الصحارى تقع داخل المنطقة الحارة فى الصحراء الجنوبية ، جنوب غرب الجزيرة العربية والساحل الباسفيكى لشمال شيلى . مناخ الصحراء الحارة قليلة الارتفاع يتصف باتساع مدى درجات الحرارة من صفر – ٥٢° م (٣٢ – ١٢٢ ف) مع عدم وجود تغيرات موسمية فى سقوط الامطار والتى قد تكون غير جوهرية فى كميتها . والصحارى قد توفر المعيشة لعدد محدود جداً من الحيوانات فيما عدا الحقول المروية التى توفر الاعلاف . وفى افريقيا وغرب آسيا فان اصحاب القطعان الرحل يتتبعوا رخات الإمطار عبر الصحراء ، ويغذوا قطعانهم على النباتات التى تنمو لفترة قصيرة بعد سقوط الامطار .

مقاييس استجابة الحيوانات الزراعية للمناخ

Indices for livestock responses to climates

قابلية الحيوانات الزراعية لتنمو وتفرز لبن وتتناسل لاقصى حد يؤهله لها التركيب الوراثى يتوقف على البيئة البيولوجية والمناخية وتفاعلهما خلال مراحل النمو والتطور .

ولكل مجموعة من الحيوانات منطقة جغرافية معينة تكون فيها الظروف الجوية ملائمة للانتاج الطبيعى . او انها تلك الظروف البيئية التى لا تضر بالتوازن الحرارى للحيوان بدرجة تقلل من انتاجيته او ذات درجة حرارة لا يمكن للحيوان معها ان يحافظ على إتزانه الحرارى . الحدود الحرجة العليا والدنيا من درجات الحرارة الحديه تختلف



شكل ١١ - ٣ : مناخ العالم (١ - رطبة استوائية ، ٢ - رطبة تحت حارة ، ٣ - رطبة قارية ، ٤ - جافة صحراوية ، ٥ - ممطر جاف ، ٦ - جاف ، شبه قاحل وتحت رطب) (عن جونسون) .

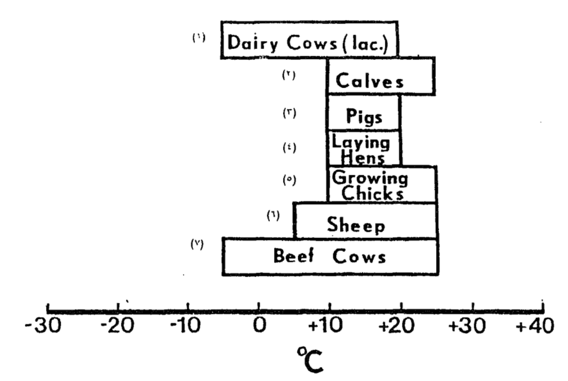
فيما بين انواع وسلالات الحيوانات الزراعية . درجة الحرارة الحرجة العليا تكون مرتفعة للانواع والسلالات التى نشأت فى المناطق الحارة والحدود الدنيا ترتفع للانواع التى نشأت فى المناطق الحارة . والعكس محتمل للسلالات والأنواع التى نشأت فى المناطق المعتدلة . فمثلا المدى الحرارى الملائم لماشية المناطق المعتدلة يتراوح بين -١,٠ الى ١٦° م فى حين يكون المدى الحرارى الملائم لماشية المناطق الحارة يتروح بين ١٠ - ٢٧° م . ويوضح الشكل رقم ١١ - ٤ درجة الحرارة المناسبة للانتاج المثالى لأنواع الحيوانات الزراعية حيث فى هذه الحدوُد من درجات الحرارة يحدث تحول الغذاء الى لحم ولبن بكفاءه . ولقد اقترح كمال واخرون ١٩٨٨ استخدام التغير فى محتوى ماء الجسم كمقياس لقدرة الحيوان على تحمل درجات الحرارة البيئية واستخدام معامل TBW-heat tolerance index (TBW-HTI) ويقدر باستخدام المعادلة

$$TBW - HTI = 100 - \left(\frac{TBW_C - TBW_S}{TBW_C} \times 100 \right)$$

حيث ان TBW_C, TBW_S يعنى

المحتوى المائى للحيوانات تحت درجة الحرارة العادية وعند التعرض للاجهاد الحرارى .

Zone for Optimal Production



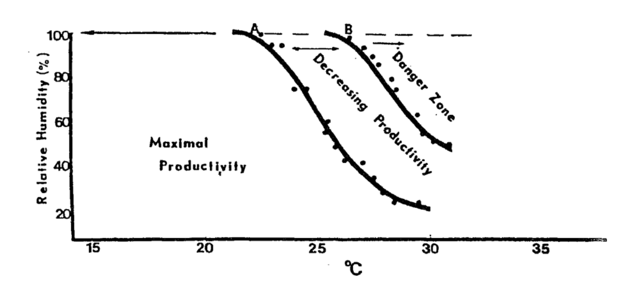
شكل ١١ - ٤ : النطاقات الحرارية الملائمة لنمو وانتاج حيوانات المزرعة (عن جونسون)

(١) أبقار اللبن (٢) العجول (٣) الخنازير (٤) الدواجن البياضة (٥) الكتاكيت النامية (٦) الأغنام (٧) أبقار اللحم

ولرطوبة الجو تأثير على نمو وكفاءة الحيوان . ففى دراسة على الماعز ظهر انه عند درجة حرارة ٣٠° يتضاعف البخر التنفسى عندما تقل الرطوبة النسبية فى الجو من ٩٠ الى ١٥٪ ، ولكن البخر عن طريق الجلد لا يتغير كثيرا . وعموما فان تأثير نسبة الرطوبة يختلف باختلاف درجات الحرارة فالحيوان يحتمل درجات أعلى مع نسبة رطوبة منخفضة بدون انخفاض انتاجه . يوضح الشكل رقم ١١ - ٥ مختلف توليفات الرطوبة والحرارة التى لها نفس التأثير على الماشية الحلابة . والخط A يمثل الحد الاعلى الحرج من الحرارة والرطوبة للاقصى انتاج لبن من ماشية الفريزيان فى حين ان الخط B يمثل اقل مدى من الحرارة والرطوبة والتى بعدها تصبح البيئة خطرا على

معيشه الحيوان .

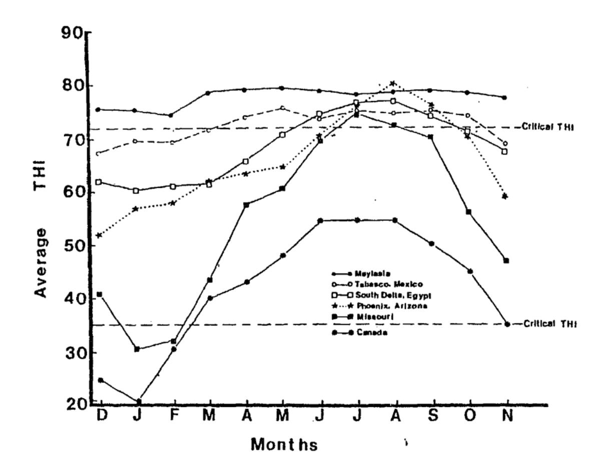
ولقد امكن استنتاج دليل الحرارة والرطوبة Temperature-humidity index (THI) للوصف العام لتأثير المناخ على المظهر الانتاجى للحيوان وهو قيمة تستنتج من درجة حرارة ورطوبة البيئة كالاتى THI = tdb (F) – 0.55 (1 – RH) (tdb – 58)، وأقل متوسط لقيم THI يلاحظ فى النصف الشمالى من العالم فى يناير ويصل لدرجة تكون اقل عن المستوى الحرج للانتاج اللبن وذلك فى كندا وميسورى . وبعض المناطق المناخية تكون فيها قيمة THI اعلى عن ٧٢ فى خلال العام كما فى ماليزيا ، وفى المكسيك لمدة ٧ – ٨ اشهر ، مصر لمدة ٤ – ٦ اشهر واريزونا لمدة ٣ – ٤ اشهر . وفى غرب كندا لا تصل متوسط قيم THI الى ٧٢ فى اى شهر من العام . وعند قيم الـ THI التى تزيد عن ٧٢ فان ماشية الفريزيان التى نشأت فى المناطق المعتدلة تصبح اقل انتاجا بدرجة تعتمد على الفترة التى يكون فيها THI اعلى من ٧٢ (شكل ١١ – ٦) .



شكل ١١ – ٥ : منحنيات توضح مختلف توليفات الحرارة والرطوبة وتأثيرها على انتاج اللبن من ابقار الفريزيان وخط (A) يمثل قيم THI تعادل ٧٢ ، خط (B) يمثل THI تعادل ٧٨ . (عن جونسون)

عوامل الطقس الاخرى بالاضافة للحرارة والرطوبة تشمل الرياح . وعند زيادة درجة الحرارة عن درجة حرارة التعادل الحرارى فان حركة الهواء عموما يعتقد بأنها مفيدة لانتاج الماشية . ولقد اتضح ان استخدام المراوح فى اعلى مداود الغذاء وبالاسطبلات تزيد انتاج اللبن بمقدار ٢ كيلو / رأس / يوم وذلك عن الماشية المرباه فى الحظائر المسقوفة . ولقد استخرج Baeta ومساعدوه عام ١٩٨٥ دليل المعادل الحرارى

Equivalent temperature index - ETI والذى يشمل فى مكوناته الحرارة والرطوبة والرياح وذلك للحيوانات عالية الادرار ومنه يظهر انه عند الرطوبة العالية فان سرعة الرياح تقلل ETI جوهريا .



شكل ١١ - ٦ : متوسط قيم دليل الحرارة الرطوبة THI اليومية فى مختلف المناطق المناخية فى نصف الكرة الشمالى .
المنطقة الواقعة بين خط THI ٣٥ - ٧٢ هى الملائمة لانتاج اللبن . (عن جونسون)

لاشعة الشمس تأثير على انتاجية الحيوان فهى قد تفيده فى تخليق بعض الفيتامينات (VD) وكذلك تدفأة عند البرودة ولكن الاشعة الشديدة ترفع حرارته لدرجة قد تؤدى لحرقه وقد تكون مسببا لسرطان الجلد . ولذلك فان الجلد الملون وكذلك المغطى بشعر أو صوف ابيض يساعد فى وقاية الحيوان من اشعة الشمس ، كما ان المظلات تقى الحيوانات اثر أشعة الشمس فى المناطق الحارة .

الاستجابات الفسيولوجية للجو الحار Physiological responses to heat

تتصف المناطق الحارة بأن درجة حرارة الجو تتراوح بين ٢٢ - ٣٢° م وأكثر وكذلك تتميز بأشعاع شمسى كبير ، وبالاقتراب من خط الاستواء ترتفع نسبة الرطوبة ويزيد سقوط الامطار فى معظم فصول السنة (شكل ١١ - ٣) . وعليه فان الضوابط الفسيولوجية لحيوانات المناطق الحارة تتجه فى محافظتها على التوازن الحرارى نحو فقد الحرارة .

الحيوانات المستأنسة فى المناطق الحارة الاستوائية تستجيب للجو المحيط المرتفع الحرارة والرطب لدرجة لا تسمح بزيادة افراز الماء (عن طريق التنفس) لتبريد الجسم فتغير مستوى بعض أنشطتها الفسيولوجية ، وينجم عن ذلك عادة انخفاض العمليات الانتاجية مثل النمو وانتاج اللبن والتناسل . وفى المناطق الحارة الجافة هناك اضرار اخرى اضافية ترجع لشدة الاشعة . والحيوانات التى تمتلك وسائل تنظيم الحرارة بكفاءة تكون اكثر ملائمة للحياة والعيش والانتاج عن تلك التى لا تمتلك مثل هذه الوسائل .

تنظيم درجة الحرارة Temperature regulation

تتراوح درجة حرارة جسم معظم الثدييات بين ٣٦ - ٣٨° م وهى اقل لحد ما عن تلك الخاصة بالطيور والتى تتراوح عادة بين ٤٠ - ٤٢° م (جدول ١١ - ١) ويتم الحفاظ على الدرجة الثابتة بواسطة اتزان دقيق فيما بين انتاج الحرارة وفقدها ، وهذا ليس امرا هينا عندما تكون هذه الحيوانات فى حالة تبادل مستمر بين فترات راحة وفترات زائدة النشاط .

ويحصل الحيوان على الحرارة عن طريق التمثيل الغذائى الذى يتضمن اكسدة المواد الغذائية وعن طريق التبادل الحرارى بالاشعاع والتوصيل والحمل مع الجو المحيط . وتفقد الحرارة بواسطة الاشعاع والتوصيل والحمل الى وسط اكثر برودة وبواسطة بخر الماء . والحيوانات الثديية والطيور يمكنها التحكم فى كلتا العمليتين من انتاج الحرارة وفقدها فى حدود تكاد تكون واسعة . فاذا اصبح الحيوان بارداً جداً فانه يستطيع توليد الحرارة عن طريق زيادة النشاط العضلى (تمرينات وارتعاش) أو يقلل من فقد الحرارة بزيادة عزل جسمه . واذا اصبح الحيوان دافئاً جداً فانه يستطيع ان يقلل من انتاج الحرارة وان يزيد من فقدها .

جدول ١١ - ١ : متوسط درجة حرارة جسم الحيوانات (المستقيم)

النــوع	درجة الحــرارة (م°) المــدى	المتوسط	النــوع	درجة الحــرارة (م°) المــدى	المتوسط
ابقار اللحم	٣٦,٧ - ٣٩,١	٣٨,٣	الاغنام	٣٨,٣ - ٣٩,٣	٣٩,١
ابقار اللبــن	٣٨,٠ - ٣٩,٣	٣٨,٦	الماعز	٣٨,٣ - ٤٠,٧	٣٩,٨
الحصـــان	٣٧,٢ - ٣٨,١	٣٧,٦	الارانب	٣٨,٦ - ٤٠,١	٣٩,٥
الفـــرس	٣٧,٣ - ٣٨,٢	٣٨,٨	الدجاج	٤٠,٦ - ٤٣	٤١,٧
الجمـــال	٣٦,٣ - ٣٨,٣	٣٧,٥			

وعند زيادة درجة حرارة الجو المحيط فان الحيوانات تستطيع ضبط مستوى العمليات الفسيولوجية فى محاولة للاقلمة على المعيشة فى البيئة الحارة . وتستخدم الحيوانات الوسائل التالية لتوازن إرتفاع درجة حرارة البيئة المحيطة :

١ - البحث عن الظل .
٢ - زيادة معدل مرور الدم للجلد بواسطة اتساع الاوعية الدموية القريبة من سطح الجلد .
٣ - زيادة العرق .
٤ - زيادة سرعة التنفس (اللهاث) .
٥ - زيادة النشاط الهرمونى .
٦ - زيادة الشعور بالعطش وشرب الماء وفقد الشهية للطعام .
٧ - زيادة درجة حرارة الجسم .
٨ - تغير استعمال ماء الجسم

وهناك اختلافات بين الانواع والسلالات فى درجة حدوث عوامل التعويض هذه عند تعرضها لدرجات الحرارة (جداول ١١ -٢،٣). \نقص كمية الغذاء قد تكون اهم هذه التأثيرات نظرا لان انخفاض كمية الغذاء تؤدى الى نقص العمليات الانتاجية مثل النمو وانتاج اللبن والتناسل .

واذا فشلت وسائل التعويض السابقة فى الوصول بالحيوان لحالة التوازن او التعادل الحرارى ، حينئذ فان مراحل متدرجة من فقد القدرة على تنظيم الحرارة يبدأ حدوثها . اعراض هذا الفشل تتضمن الاسهال (الروث المائي) ، الضعف العام ، الترنح والتشنج .

زيادة توارد الدم للجلد تبدأ عند ارتفاع حرارة البيئة بمقدار ١-٢°م، ومباشرة يزيد معدل فقد الحرارة بواسطة التوصيل والاشعاع . واذا لم يكن هذا كافيا ، فان مراكز تنظيم الحرارة تعمل من خلال الجهاز العصبى السمبثاوى منشطة الغدد العرقية التى تعمل

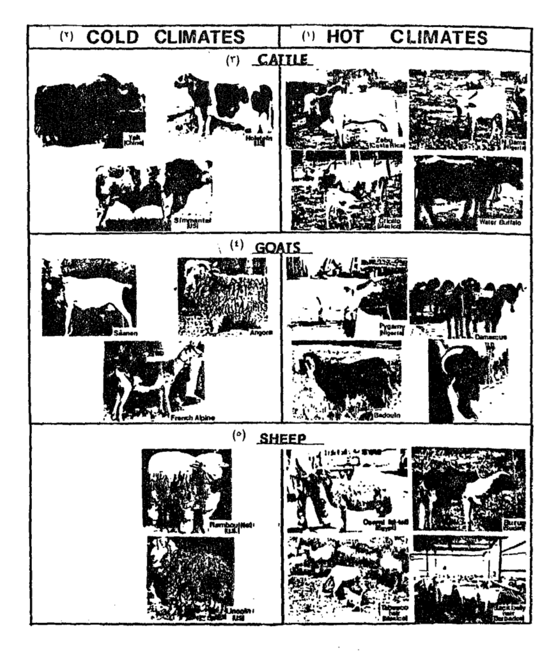
جدول ١١ – ٢ : مقارنة لمظهر ماشية المناطق الحارة والمعتدلة المؤقلمة على مراعى المناطق الحارة .

الصـفات	ماشـية الزيبـو	ماشية الشورتهورن
الغطـاء الشـعرى	قصير – لامع (عاكس)	طويل (ماص للحرارة)
الغدد العرقية	كبيرة +++	صغيرة ++
التبريد التنفسى	قليل +	متوسط ++
البحث عن الظل	نادر	عـادى
نواتج عمل الكرش	+++	++
الامتصاص فى المعاء	+++	++
اختلافات حرارة الجسم	++	+
اعادة امتصاص الماء		
– فى القولون	++	+
– فى الكلية	++	+

جدول ١١ – ٣ : مقارنة بين بعض الأنواع الحيوانية فى الحماية بواسطة الغطاء ، التبريد بواسطة البخر والمحافظة على الماء فى الجو الحار .

	الغطـاء		التبريد بواسطة البخر		المحافظة على الماء	
النوع	عاكس	عازل	التنفس	العرق	البول	الروث
اغنام الصوف	+	+++	+++	+	++	++
اغنام الشعر	++	++	++	++	++	++
الماعـز	++	+	++	++	++	++
الماشية الاوربية	++	+	++	+	+	+
الماشية الهندية	+++	±	+	+	+	++
الجاموس	-	-	+	+	+	+
الجمـال	+++	±	-	+++	+++	+++

على زيادة افراز العرق الذى يتبخر فيفقد الحيوان الحرارة . ومن بين الحيوانات المستأنسة فان الخيل والجمال تكون مؤهلة جيدا للعرق ويليها الحمير والماشية والاغنام والماعز على الترتيب . وتتحمل الماشية بخرا قدره ٢٠٠ – ٣٠٠ مل / متر٢ / ساعة ، يكون ٧٥٪ من هذه الكمية عن طريق العرق و ٢٥٪ عن طريق إنتشار الماء من الجلد Transudation . الحيوانات الزراعية المحلية الموجودة بالمناطق الحارة عادة ما تفرز عرق بمعدل اكبر عن تلك المستوردة من مناطق باردة (جداول ١١–٢،٣).



شكل ١١ – ٧ : بعض سلالات الماشية والماعز والاغنام التى تعيش في المناخ البارد والحار . (عن جونسون)

(١) طقس حار (٢) طقس بارد (٣) الماشية (٤) الماعز (٥) الأغنام

معظم انواع الحيوانات الزراعية ذات غطاء شعرى ، وهو ما يعتبر خط الدفاع الأول ضد حرارة البيئة المحيطة والأشعة الساقطة . نوع ومقدار وكثافة وطول الشعر على الحيوان مهم ويؤثر كثيرا على مقدار العرق . بعض الحيوانات الموجودة بالبيئات الحارة ، خاصة الماشية ، تمتلك غطاء ناعم قصير ولا مع (شكل ١١ – ٧) كما يظهر

جليا فى غطاء الماشية ذات الاصل الهندى . هذا الغطاء يعكس الآشعة الشمسية ويسمح بفقد الحرارة عن طريق تيارات الحمل الهوائى من الجلد . كما أن الصبغات السوداء بجلد هذه الحيوانات (الجاموس) يمنع اختراق أشعة الضوء فوق البنفسجى للجلد .

ميكانيكية ضبط حرارة الجسم Control of body temperature

يتم تنظيم حرارة الجسم عن طريق المراكز العصبية الموجودة فى منطقة تحت المهاد بالجهاز العصبى المركزى . وهناك مركزين فى منطقة تحت المهاد Hypothalamus يساهما فى ثبات حرارة الجسم . ويقوم أولهما بتنظيم عمليات فقد الحرارة فى حين أن الثانى يحكم انتاج وتخزين الحرارة . هذه المراكز العصبية تشعر بتغير حرارة الجسم عن طريق الاشارات العصبية التى تأتيها من المستقبلات العصبية الموجودة بالجلد أو أى مكان آخر (بما فيه الكرش) كما أن هذه المراكز حساسة لدرجة حرارة الدم المار خلالها .

وبالاضافة للمسلك العصبي الممتد من الهيبوثلاماس ـ الجهاز العصبى الذاتى والمنظم لحرارة الجسم فان هناك مسلك كيماوي من الهيبوثلاماس ومن خلال الغدة النخامية الخلفية التى تساهم فى حفظ الاتزان المائى عن طريق افرازها للهرمون المضاد للتبول (ADH) . كما ان الغدة النخامية الامامية تساهم فى تنظيم الحرارة عن طريق افراز الهرمون المنبه للغدة الدرقية (TSH) التى تفرز الثيروكسين الذى يشترك فى تنظيم معدل التمثيل الغذائى وانتاج الحرارة .

تأثير درجات الحرارة العالية على نشاط الغدد الصماء امكن معرفته فى حيوانات التجارب ثم فى حيوانات المزرعة . ولقد ظهر ان تعرض الحيوانات للظروف الجوية الحارة لعدة ساعات يؤدى لأنخفاض نشاط الغدة الدرقية ، ونقص بسيط فى هرمون الانسولين ويقل مستوى افراز هرمون النمو وعدم تغير ملحوظ فى مستوى الكورتيزول . اما هرمون البرولاكتين فلوحظ زيادة تركيزه خاصة فى ماشية اللبن التى ينخفض انتاجها معنويا عند تعرضها لحرارة الجو . ويصاحب هذه التغيرات انخفاض فى شهية الحيوان وضعف معدلات نمو الحيوانات النامية (شكل ١٥-٤) . ولوحظ ان العكس يحدث عند تعرض الحيوانات للبرد . فالبرد سواء عن طريق الجلد مباشرة أو من خلال تحت المهاد يزيد انتاج الحرارة سواء عن طريق الارتعاش Shivering أو الوسائل غير الارتعاش Non-Shivering ويتضمن زيادة الانتاج الحرارى بفعل هرمونات مثل الـ TSH, ACTH وهرمون النمو GH .

زيادة سرعة التنفس تعمل ايضا كمسلك هام لزيادة فقد الحرارة فى الجو الحار وخاصة فى الفترات البسيطة حيث قد تكون اول وأوضح مظاهر الاجهاد الحرارى . زيادة معدل التنفس لفترات طويلة قد تسبب زيادة التهوية ، حيث قد يقل محتوى الحويصلات الهوائية من ثانى اكسيد الكربون ولدرجة قد تثبط نشاط مراكز تنظيم التنفس والجهاز الدورى بالجهاز العصبى المركزى . على أن زيادة التنفس قد تتداخل مع التغذية والاجترار ، استعمال الطاقة وانتاج الحرارة وبالتالى تقلل من الكفاءة الانتاجية للحيوان .

تأقلم الجمال Adaptation in the camel

تظهر قدرة الحيوانات المستأنسة على التكيف للبيئات الحارة اوضح ما يمكن فى الجمال . فالجمل كحيوان مجتر يحتاج ويخزن كمية كبيرة من الماء ، وعليه فهو يستطيع تحمل العطش حتى يفقد نحو ٢٥ – ٣٠٪ من وزنه . وعند استعماله كحيوان عمل فى المناطق الجافة فان هذا الفقد من وزن الجسم يستغرق اسبوع . وعلى اساس نسبة الفقد اليومى من وزن الجسم عند العطش فان الجمل يفقد نحو ٢٪ مقارنا بنحو ٢٪ فى الماعز البدوى ، ٣ – ٥٪ فى اغنام الصوف ونحو ٧٪ فى الماشية .

معظم الوسائل التى يستخدمها الجمل لصيانة الوسط الداخلى حتى تلك المنظمة لحرارة جسمه تكون مركزة على تجنب فقد الماء والسماح لحرارة الجسم بالارتفاع نهارا . فالماء يخزن بالتجويف الأول للكرش فى حويصلات مائية تبطىء حركة الماء وتحفظه فلا يمر بسرعة لبقية اجزاء القناة الهضمية ولا يمتص بسرعة . التبريد عن طريق البخر يتم اساسا بواسطة العرق اكثر عما يتم من خلال التبريد التنفسى . والاقتصاد فى استخدام الماء يتضمن اخراج روث جاف حيث يكون المحتوى المائى للروث نحو ٣٤٪ مقارنا بحوالى ٥٤٪ فى الاغنام ونحو ٦٥٪ فى الماشية . والبول الناتج يكون مركز لدرجة تصل لضعف تركيز ماء البحر وهذا يسمح للجمل بشرب ماء اكثر ملوحة مقارنا بالحيوانات الاخرى ، وكذلك يستطيع الحيوان اكل نباتات غنية بالمحتوى المعدنى . ويتركز النسيج الدهنى بالحيوان وهو المخزون الغذائى الرئيسى فى السنام على الظهر بدلا من توزيعه بالتساوى تحت الجلد مما يسمح للحيوان بفقد الحرارة عن طريق الاشعاع .

وربما يكون من الجدير بالملاحظة ان الجمل يسمح لدرجة حرارة جسمه بالارتفاع خلال النهار والانخفاض اثناء الليل . ولذلك فان المتوسط الطبيعى للتغيرات اليومية فى درجة حرارة المستقيم تتراوح بين ٣٥ – ٤٠° م . والجمل يستطيع تخزين العبىء

الحرارى خلال نهار الأيام الحارة ثم يطلقها خلال الليل التالى غالبا عن طريق الحمل من سطح جسمه اكثر عما يكون عن طريق العرق أو الوسائل الأخرى المتضمنة فقد ماء .

مقاومة اثر الحرارة

يمكن مقاومة الأثار الضارة للحرارة على الحيوان بواسطة تكييف هواء الحظائر . ورغم ان هذه الطريقة تعتبر من اكفأ الطرق ولكنها اكثرها كلفة وقد يمكن الاستغناء عنها بعمل مظلات جيدة التصميم ومصنوعة من مواد عازلة للحرارة مما يقى الحيوان من اثر اشعة الشمس الضارة . ويفضل ان تكون المظلات مرتفعة بالدرجة التى تسمح بتقليب الهواء اما عن طريق المراوح أو بالطرق الطبيعية . كما يمكن تزويد حظائر الحيوانات بأدشاش تدفع رذاذ الماء لتبريد الحيوانات . ويعتبر الاهتمام بتوفير الغذاء والاعلاف الخضراء فى الصيف من الوسائل التى تخفف من العبىء الحرارى على الحيوان حيث تزيد الحاجة للماء . كما ان زيادة نسبة البروتين والألياف فى الغذاء غير مرغوبة صيفا لانها تنتج حرارة زائدة عند هضمها بالجسم . اخيرا يعتبر اختيار نوع وسلالة الحيوان الملائم للتربية فى ظروف المناطق الحارة من الأهمية بمكان ، حيث ان هذه الحيوانات تتميز بصفات تشريحية وفسيولوجية وسلوكية تكونت فيها خلال عمليات الانتخاب وتساعدها على المعيشة فى البيئات الحارة . وعند احلال نوع محسن من انواع الحيوانات محل احد الأنواع المحلية فان ملائمة النوع الجديد يجب تقديرها واخذها فى الحسبان قبل تعميمه ، والا سيكون مصيره الاندثار والفشل فى المعيشة والانتاج فى البيئة الجديدة .

الاستجابات الفسيولوجية للجو البارد Physiological responses to cold

الانخفاض الشديد فى درجة حرارة البيئة من المشاكل التى تعانى منها الحيوانات فى المناطق القريبة من القطب . وتستخدم الحيوانات وسيلتين أساسيتين للحفاظ على الثبات الحرارى فى البيئات الباردة هما اقلال فقد لحرارة بزيادة العزل واقلال توصيل الحرارة وكذلك زيادة انتاج الحرارة .

وتتميز جميع الثدييات التى تقطن المناطق الباردة من الأرض بأن مسطح الجسم الخارجى قليل بالنسبة لوزن الحيوان ويكون الجلد ناعم ومغطى بصوف ناعم أو شعر كثيف طويل (شكل ١١ - ٧) وبالتالى تقل حركة الهواء الملامس للحيوان . وتحت الجلد تترسب الدهون وتقل كمية الشعيرات الدموية . ومن ناحية اخرى فان كمية الدم المارة فى الاطراف والسطح الخارجى تقل مما يقلل من كمية الحرارة المفقودة . سرعة

تنفس هذه الحيوانات تقل بشكل كبير عند انخفاض الحرارة مما يعمل على حفظ حرارة الجسم .

انخفاض درجة الحرارة يحدث تنبيه عصبى يمر من المستقبلات الخارجية بالجلد الى الهيبوثلاماس بالجهاز العصبى المركزى والذى يقوم من خلال هرموناته العصبية بتشجيع افراز هرمونات الـ TSH والـ ACTH من النخامية الامامية وبالتالى الثيروكسين من الدرقية وهرمونات القشرين السكرية من قشرة الادرينال وهو الأمر الذى يؤدى لزيادة كمية الغذاء المأكول وكذا معدل التمثيل القاعدة وبالتالى يزيد الانتاج الحرارى . ايضا مع انخفاض درجة حرارة البيئة ينشط الجهاز العصبى السمبثاوى مؤديا لزيادة افراز هرمون الادرينالين والنورادرينالين من نخاع غدة الادرينال وهم يشجعوا زيادة اكسدة المواد الكربوئدارتية بالانسجة وكذلك زيادة انتاج الحرارة من الدهن البنى .

وتستطيع الحيوانات فى حالة تعرضها للبرد الشديد ان تنتج حرارة اكثر عن طريق نشاط عضلى مكمل يتضمن انقباض وانبساط العضلات بسرعة وذلك فيما يسمى بالارتعاش ويؤدى الى انتاج قدرا من الطاقة يصل الى ١٨ ضعف ولكن لا يمكن لهذا أن يدوم لفترة طويلة . يلى ذلك انتاج الحرارة عن طريق زيادة اكسدة المواد الغذائية أو ما يسمى بتوليد الحرارة بدون ارتعاش Non-Shivering thermogenesis . ويجب أن تعلم ان هذه الطرق الأخيرة لا يستخدمها الجسم فى انتاج حرارة الا فى حالات البرد الشديد وليس عند تعرضه لحالات البرد المعتدلة .

ويمكن مقاومة الأثر الضار للبرد الشديد عن طريق وضع الحيوانات فى حظائر مغلقة أو ذات ثلاث جوانب لحماية الحيوانات من الرياح والمحافظة عليها جافة . حوائط هذه الحظائر يجب أن تكون بالسمك الكافى للعزل الحرارى مما يحفظ حرارة الحيوان ودفئه . ويجب الاهتمام بنوع وكمية الغذاء المقدم للحيوان ، حيث ان زيادة كمية الغذاء وارتفاع نسبة البروتين به تفيد فى مقاومة البرد والمحافظة على انتاجية الحيوان .

الفصل الثانى عشر

التكاثــر

Reproduction

التكاثر صفة شاملة لجميع الكائنات الحية ويعنى استنساخ أو انتاج كائنات جديدة تشبه الأصول . ويتم التكاثر بواسطة خلايا تناسلية أو جاميطات يكونها ابوين وتتحدد بالاخصاب لتكوين زيجوت ينمو مكونا فرداً جديداً .

وتتكون الخلايا التناسلية عن طريق انقاسم ميوزى يختزل عدد الكرموسومات الى العدد الفردى ويتم استرداد العدد الزوجى عند الاخصاب ثم يتحول الزيجوت بواسطة عمليات الانقاسم العادية (ميتوزى) الى جنين يجد المهد الصالح لنموه فى الرحم فينمو مكونا حيوانا كاملا . ومع نهاية مدة الحمل يولد الجنين لترعاه الأم بدافع من غريزتها الأمية وتغذيه على ما تنتجه من لبن الى ان يصبح قادراً على ان يعول نفسه ويصبح مكتمل النمو والنضج .

الجهاز التناسلي الذكرى Male reproductive organs

يتكون الجهاز التناسلى الذكرى (١٢ – ١) من ثلاث اجزاء رئيسية هى :

١ – اعضاء الجنس الأولية وهى زوج من الخصى Testis وظيفتهم انتاج الحيوانات المنوية وهرمونات الجنس الذكرية . وفى الثدييات تنشأ الخصية مجاورة للكلية ثم تبتعد عنها لتنتهى فى كيس الصفن Scrotum .

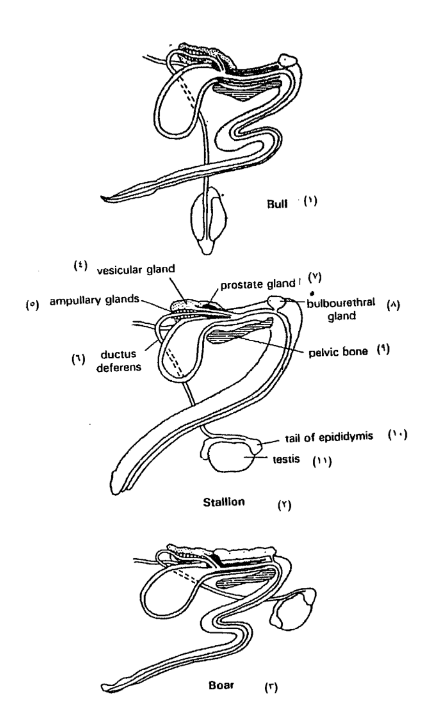
٢ – اعضاء الجنس الثانوية وتضم القنوات التى تستمر ما بين الخصية إلى الخارج وهى القنوات المخرجة Vasa efferentia ، البربخ Epididymis ، الوعاء الناقل Vasa deferentia والقضيب Penis .

٣ – اعضاء الجنس الملحقة وتشمل الغدة الامبولية Ampullary gland عند الجزء المتسع من نهاية القنوات المخرجة ، غدد الحويصلات المنوية Seminal vesicles ، البروستاتا Prostate وغدد كوبر Cowper's glands .

وأهم مكونات الجهاز التناسلى الذكرى :

١ – الخصيتيــن : Testis

عبارة عن زوج من الغدد التى توجد معلقة فى كيس الصفن وشكلها بيضى وفى



شكل ١٢ – ١

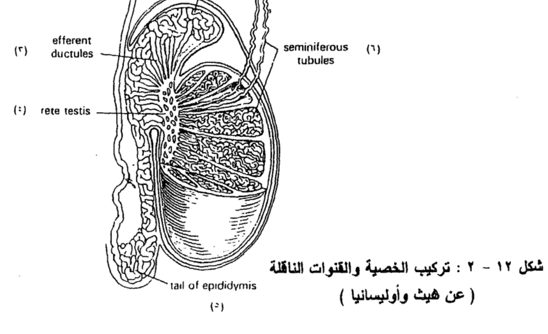
تركيب الجهاز التناسلى الذكرى فى بعض انواع الحيوانات الزراعية – الثور – الحصان – الخنزير . (عن هيث وأوليسانيا)

(١) الثور (٢) الحصان (٣) الخنزير (٤) الغدة الحويصلية (٥) الغدة الأمبوليه (٦) الوعاء الناقل (٧) البروستاتا (٨) غدة كوبر (٩) عظام الحوض (١٠) ذيل البربخ (١١) الخصية.

الثور يكون طولها ١٠ ـ ١٥ سم وعرضها ٥ ـ ٨ سم وتزن نحو ٣٠٠ ـ ٥٠٠ جم . وتحاط الخصية بنسيج مصلى يسمى الغلالة الغمدية Tunica vaginalis تصل ما بين الخصية والجدار الداخلى لكيس الصفن . ويغلف نسيج الخصية غشاء ليفى ابيض سميك Tunica albugina يخترق نسيج الخصية ويقسمها لفصيصات تحتوى قنيات منوية Seminiferous tubules (شكل ١٢ – ٢) . جدار القنيات المنوية يتكون من غشاء قاعدى Basement membrane يرتكن عليه نسيج طلائى جرثومى عديد الطبقات يحتوى نوعين من الخلايا :

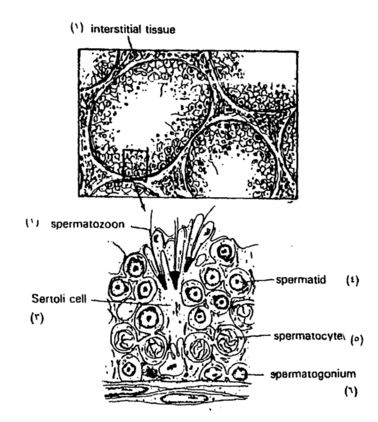
(أ) خلايا جرثومية Germ cells تنتج الحيوانات المنوية .

(ب) خلايا سرتولى Sertoli cells وهى خلايا متطاولة وقواعدها مفلطحة وتقع متعامدة على الغشاء القاعدى . المسافات التى بين القنيات المنوية يشغلها خلايا بينية تسمى بخلايا ليدج Leydig cells تفرز الهرمون الذكرى (شكل ١٢ – ٣) . وتلتقى القنيات المنوية فى حرم أو مؤخر الخصية Rete testis الذى ينتهى عند الطرف العلوى للخصية فى نحو ١٢ من القنوات المخرجة Vasa efferentia تمر من الخصية للبربخ (شكل ١٢ – ٢) .



شكل ١٢ – ٢ : تركيب الخصية والقنوات الناقلة
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) رأس البربخ (٢) الوعاء الناقل (٣) القنوات المخرجة (٤) مؤخر البربخ (٥) ذيل البربخ (٦) القنيات المنوية



شكل ١٢ - ٣ : قطاع فى القنايات المنوية
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) نسيج بينى (٢) الحيوانات المنويه (٣) خلية منوية (٥. خلية منوية أولية (٦) خلية الجنس المنويه

وتحفظ كل خصية فى تجويف مستقلة عن الأخرى داخل كيس الصفن Scrotum الذى يعمل من خلال عضلاته وجدرانه الليفية التى يغطيها الجلد من الخارج على تعليق وتثبيت الخصية وحمايتها من المؤثرات الخارجية . كذلك يقوم بحفظ حرارة الخصية اقل عن حرارة الجسم بحوالى ١ - ٨°ف وهو الأمر الضرورى لتكوين الحيوانات المنوية . وتتم هذه العملية نتيجة لوجود الخصية بعيده عن الجسم فى الجو الخارجى ، وكذلك نتيجة لحركة النظام العضلى المثبت للخصية والذى يرتخى وينكمش تبعا لحرارة الجو واخيراً لنظام التمويل الدموى للبربخ والمكون من شرايين وأوردة ملتوية تقع على سطح البربخ فتعمل على تبريد أو تدفأة الدم الواصل للخصية بما يسمح بحفظ حرارة الخصية اقل من حرارة الجسم .

٢ - البربخ Epididymis

عبارة عن قناة ملتوية تبدأ من الحافة الخلفية للخصية حيث تفتح فيها القنوات

المخرجة Vasa efferentia . ويتكون البربخ من ثلاث مناطق هى الرأس Caput ، الجسم Corpus والزيل Cauda (شكل ١٢ - ٢) . ويبطن معظم قناة البربخ خلايا افرازية . ويوجد بالرأس اضافة لهذا خلايا طويلة مهدبة تتحرك اهدابها فى اتجاه حركة المواد المفرزة . وتتجمع الحيوانات المنوية بالبربخ وتنضج خلال رحلتها فيه حيث يبلغ طوله ٣٣ - ٣٥ متر فى الثور وربما اكثر من ذلك فى الخنذير (١٥٠ متر) .

ويقوم البربخ بأربعة وظائف هى :

١ - نقل Transport الحيوانات المنوية من مؤخر الخصية للقنوات المخرجة بواسطة ضغط سوائل الخصية وحركة اهداب الخلايا وتستغرق رحلة الحيوانات المنوية من النسيج الجرثومى لزيل البربخ نحو ٧ - ٩ أيام .

٢ - تركيز Concentration الحيوانات المنوية وذلك بامتصاص الماء من افرازات الخصية خاصة بمنطقة رأس البربخ .

٣ - نضج Maturation الحيوانات المنوية خلال رحلتها نتيجة لافرازات خلايا البربخ .

٤ - تخزين Storage الحيوانات المنوية خاصة فى زيل البربخ . وعند ربط البربخ فى الثور فان الحيوانات المنوية تبقى حية فى البربخ وقادرة على الاخصاب لمدة تزيد عن ٦٠ يوم .

٣ - الوعاء الناقل Vas deferens

عبارة عن انبوبة جدارها سميك تتصل بزيل البربخ . وينضم اليها الشرايين والاوردة وعضلة الكريماستر Cremaster ويغلفهم الغلالة الغمدية مكونة الحبل المنوى Spermatic Cord . ويمر الوعاء الناقل لأعلى خلال القناة الاربية قريبا من الوعاء الناقل الاخر الآتى من الخصية الأخرى ليصلا لتجويف الحوض وأخيرا يصبا فى القناة البولية التناسلية Urethra . الوعاء الناقل جيد التمويل الدموى والاعصاب والعضلات غير الارادية ولذلك يساهم فى عملية قذف السائل المنوى Ejaculation .

٤ - القناة البولية التناسلية Urethra

عبارة عن ممر عام للسائل المنوى والبول وهى تمتد خلال منطقة الحوض والقضيب وتنتهى عند قمة رأس القضيب كفتحة خارجية للقناة .

٥ – الاعضاء الملحقة The accessory organs

وهى تشمل اساسا ثلاثة اعضاء :

(أ) الحويصلات المنوية Seminal vesicles أو الغدد الحويصلة وهى زوج من الغدد المفصصة تقع كل منها جانب الغدة الامبولية Ampullary gland وافرازاتهما غنية بالفركتوز (اكثر من ١٪) وحمض الستريك .

(ب) البروستاتا Prostate وهى غدة تتكون من فصين متصلين ببعضهما . وتقع فوق السطح الظهرى للمثانة وتحيط بالقناة البولية التناسلية وتفتح فيها عن طريق قنوات عديدة . وافرازاتها لزجة وذات رائحة مميزة وغنية بالمعادن .

(جـ) غده كوبر Cowper's gland (Bulbourethral gland) وهى زوج من الغدد الكروية المصمتة فى حجم البندقة (فى الثور) وتقع اعلى القناة البولية التناسلية قرب خروجها من التجويف الحوضى وتفتح فى قناة البول عن طريق قناة قصيرة . وافراز الغدة مخاطى طرى .

وافرازات الغدد الملحقة تمثل غالبية البلازما المنوية . وهى غنية بالمواد الكربوئدراتية وأملاح حمض الستريك والبروتينات والاحماض الامينية والانزيمات والفيتامينات الزائبة فى الماء وذات سعة بفرية عالية .

٦ – القضيب The penis

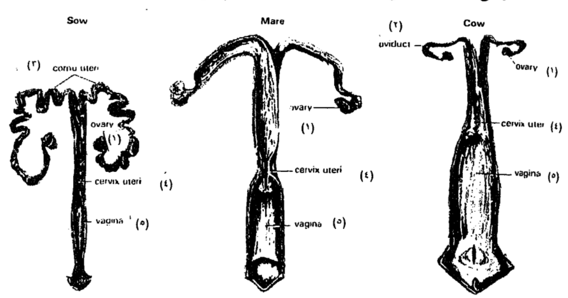
القضيب هو عضو الجماع الذكرى ويتركب من نسيج عضلى توترى يشبه الاسفنجة تمتد فيه قنوات الدم بنظام غير عادى . ويندفع فيه الدم بضغط عالى عند الاثارة الجنسية مسببا كبر حجم القضيب وانتصابه . وشكل القضيب فى الثور يشبه حرف S ويقع امام تجويف كيس الصفن . وتقوم العضلة الساحبة Retactory muscle التى تمتد ما بين فقرات الزيل والانحناء الامامى للثنية القضيبية (شكل ١٢ – ١) بالارتخاء عند القذف والانقباض بعدم فتعيد القضيب لداخل الجراب Sheath لحمايته من الضرر . نهاية القضيب أو الحشفة Glans طولها ٣ بوصات وطول القضيب الداخلى فى الثور ٣ قدم وقطره ١ بوصه .

الجهاز التناسلى الانثوى Female reproductive organs

يتكون الجهاز التناسلى للانثى (شكل ١٢ – ٤) من :

١ – مبيضين Ovaries وهما غدد التناسل الاساسية وفيهم يتم تكوين البويضات وتفرز

هرمونات الجنس الانثوية ؛ ٢ - قنوات المبيض Oviducts ومن خلالهم تنتقل البويضة للرحم ؛ ٣ - الرحم Uterus وفيه يتم نمو وتطور البويضة المخصبة ؛ ٤ - المهبل Vagina وهو ممر قابل للتمدد وخلاله يمر الجنين من الرحم عند الولادة ؛ ٥ - فتحة الحيا Vulva وهى الجزء النهائى من القناة التناسلية وتساهم فى ولادة الجنين .



شكل ١٢ - ٤ : القناة التناسلية فى بعض الحيوانات الزراعية (من اليمين لليسار - البقرة - الفرسة - الخنزيرة) (عن هيث وأوليسانيا)

(١) المبيض (٢) قناة المبيض (٣) قرون الرحم (٤) عنق الرحم (٥) المهبل

وتتركب أهم أجزاء الجهاز التناسلى الأنثوى من الآتى :

١ - المبيضين Ovaries

عبارة عن زوج من الغدد بيضية الشكل يتراوح أبعادها بين ١,٥ - ٤ سم فى القطر ، ٢,٥ سم فى العرض و ١,٥ سم فى السمك . ويقع فى التجويف البطنى حيث يرتبط مع الجسم من الناحية الظهرية بالرباط العريض للرحم . ويغلف المبيض طبقة من النسيج الطلائى الجرثومى Germinal epithelium الذى تتكون منه حويصلات جراف بمراحلها المختلفة ويتوزع بينها نسيج ضام ليفى (شكل ١٢ - ٥) . نخاع المبيض يحتوى على الأوعية الدموية والاعصاب ونسيج ليفى وعدد كبير من حويصلات جراف فى ادوار مختلفة من التكوين . حيث يحتوى المبيض على ما يزيد عن ٧٥ ألف حويصلة . ويقوم المبيض بتكوين البويضات وهرمونات الجنس الانثوية ويكون كلا المبيضين فعال فى الحيوانات الزراعية .

٢ - قناتى المبيض Oviducts

أو قنوات فالوب Fallopian tubes وهى زوج من الأنابيب المتعرجة تمر محازية للرباط وطولها نحو ٢٠ - ٢٥ سم وقطرها ٠,١ سم وتتسع فى النهاية القريبة من المبيض لتكوين القمع Infundibulum الذى يتلقى البويضة من حويصلة جراف بعد انفجارها حيث تمر للرحم . الغشاء الطلائى المبطن لقناة المبيض كثير الأهداب التى تتحرك فى اتجاه المبايض . وتتم عملية الاخصاب فى الامبولا Ampulla وهى الجزء المنثنى المنتفخ من قناة فالوب وبعد الامبولا يوجد البرزخ Isthmus وهى انبوبة طويلة ضيقة رقيقة كثيرة الالتواء تصل بين الامبولا وطرف قرن الرحم . وتسمى الوصلة بين قناة المبيض والرحم بالوصلة الأنبوبية الرحمية Utero-tubal junction التى تعمل كصمام يسمح بمرور الحيوانات المنوية فى اتجاه قناة المبيض بينما يسمح للبويضة أو الزيجوت بالمرور فى اتجاه الرحم . ويتحكم فى اتساع أو ضيق هذا الصمام مستوى هرمونات الاستروجين والبروجستيرون بالدم والنسبة بينهما .

٣ - الرحـــم Uterus

يتكون من قرنين حلزونيين يتحدان مع بعضهما لتكوين جسم الرحم . جدار الرحم يتكون من ثلاث طبقات هم من الخارج للداخل : المصلية Serosa ، العضلية Muscularis والمخاطية Mucosa أو Endometrium . وتحتوى مخاطية الرحم على بروزات أو زوائد لحمية Caruncles تشكل الفلقات cotyledons خلال الحمل وكذلك يوجد بها الغدد الرحمية التى تفرز اللبن الرحمى لتغذية الجنين فى الأعمار المبكرة . وفى الحيوانات غير الحامل يقع الرحم فى التجويف الحوضى وخلال الحمل يمتد بداخل التجويف البطنى وهذا يمكن تحسسه من خلال المستقيم مما يجعله اساس تشخيص الحمل بطريقة الجس الرحمى .

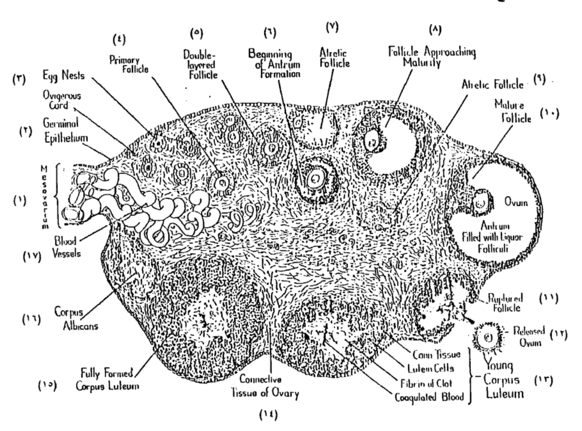
٤ - عنـق الرحـــم Cervix

عبارة عن النهاية الضيقة للرحم والموصلة للمهبل وطوله ١٠ سم وسمكه ٢,٥ سم وأكثر . وتكون جدره سميكة قوية تتكون من ثلاث طبقات وتكون الطبقة العضلية سميكة جداً والمخاطية يظهر بها ثنايا طويلة وحزوز عرضية الأمر الذى يظهر عنق الرحم بشكل ممر حلزونى . ويغلق العنق جيداً خلال الحمل وفى

مرحلة السكون الجنسى فى حين يتسع خلال الشياع والولادة . والعنق غنى بخلايا جوبلت Goblet cells المفرزة للمخاط الغزير الرائق كبير المطاطية خلال الشياع .

٥ – المهبل Vagina

هو عضو الجماع فى الانثى ويمتد من عند الرحم فى الخلف حتى المدخل Vestibule والذى يتحدد عنه بواسطة انثناء أو انقباض دائرى من النسيج المخاطى يسمى البكارة Hymen . والمهبل عضو مطاط مسئول عن افراز المخاط وتتم من خلاله عملية الجماع والولادة . وتفتح فى وسط سطحه البطنى الفتحة البولية . ويبلغ طوله فى الابقار ١٨ – ٢٥ سم .



شكل ١٢ – ٥ : قطاع فى المبيض يوضح تطور الحويصلات المبيضية (حويصلات جراف) وفيه يظهر مصدر ، نمو وانفجار الحويصلات المبيضية وتكوين وتحلل الجسم الأصفر . اتبع اتجاه عقرب الساعة حول المبيض بدأ من مساريقا المبيض ـ الميزوفاريم . (عن سوينسون)

(١) المساريقا (٢) النسيج الطلائى الجرثومى (٣) أعشاش البيضه (٤) الحويصله الأولية (٥) حويصله مذدوجه الطبقة (٦) بدأ تكوين التجويف (٧) حويصله مجوفه (٨) حويصله قرب النضج (٩) حويصله ضامره (١٠) حويصله ناضجه (١١) حويصله منفجره (١٢) بويضه (١٣) جسم أصفر جديد (١٤) النسيج الضام (١٥) جسم أصفر كامل (١٦) جسم أصفر مضمحل (١٧) أوعيه دمويه

٦ - فتحـــة الحيـــا Vulva

هى الفتحة الخارجية للقناة التناسلية والتى تزود بشفتين جانبيتين يظهر على سطحهم الخارجى الشعر . قطر فتحة الحيا اكبر من المهبل وجدرها مزودة بغدد تكون عالية النشاط عند الاثارة الجنسية .

البظر Cilitoris يكون صغير وشكله قضيبى ويماثل القضيب فى الذكر غير أنه يكون جامد وهو يقع فى السطح البطنى بفتحة الحيا عند نهاية المدخل وهو حساس جداً ويحتقن عند الشبق .

الهرمونات والتناسل Hormones and reproduction

الغرض الأساسى من تربية الحيوان هو انتاج حيوانات تنمو وتتكاثر بسرعة وبمعدل اقتصادى ونظراً لأن عمليات النمو والتناسل تخضع بدرجة كبيرة لسيطرة هرمونات الغدد الصماء ، ولذلك فان معرفة الهرمونات التى تتحكم فى نشاط الأعضاء التناسلية يمثل أهمية لهؤلاء المهتمين بتربية وتكاثر حيوانات المزرعة .

(أ) دور الهرمونات فى تناسل الانـاث :

عند الولادة وبعدها بقليل يحتوى المبيض عديداً من البويضات المحاطة بخلايا محببة Granulosa وعند البلوغ فان الغدة النخامية الأمامية تفرز الهرمون المنبه للحويصلات FSH بكميات متزايدة . وهذا يسبب تكاثر الخلايا المحببة وتكوين حويصلات جراف Grafian Follicles . احياناً بعض الحويصلات قد تصبح كبيرة لدرجة أن تبدأ افراز هرمون الاستروجين Estrogen الذى يعمل على :

١ - المساهمة فى وصول الجهاز التناسلى لنموه الكامل .

٢ - تطور صفات الجنس الثانوية بخلاف الأعضاء التناسلية .

٣ - بدأ ظهور اعراض الشياع .

وتبعاً للتصور العام فان هرمون الاستروجين المفرز من الحويصلات يعمل على الغدة النخامية مؤدياً لنقص افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH ويشجع افراز هرمون التبويض LH . كما أن الكميات البسيطة من هرمون البروجستيرون Progesterone المفرز من الحويصلات الناضجة تسبب تنبيه الغدة النخامية للافراز هرمون التبويض LH ،وتوقف افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH . وعند هذه

المرحلة يلاحظ سيادة هرمون التبويض LH وثبات الاستروجين .

وينجم عن توقف افراز هرمون الاستروجين عدم حدوث الشياع ، وبعد حوالى ١٠ – ١٢ ساعة من نهاية الشبق يحدث التبويض Ovulation فى الابقار نتيجة لفعل هرمون التبويض LH . ويؤدى هرمون التبويض لانقباض الألياف العضلية الموجودة بالمبيض والتى بالتضافر مع فعل الأنزيمات المحللة تحدث ضعفاً في جدر الحويصلة وبالتالى حدوث التبويض.والوظيفة الأخرى لهرمون التبويض LH هو مساعدة تحويل حويصلة جراف المفجرة الى جسم أصفر Corpus Luteum (CL) بواسطة تنبيه الخلايا المحببة للحويصلة .

ويقوم هرمون البرولاكتين Prolactin المفرز من النخامية الأمامية بتنبيهالجسم الأصفر للافراز البروجستيرون الذى يعمل بالتالى على النخامية الأمامية مثبطاً افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH وهرمون التبويض LH ومشجعا افراز البرولاكتين وهو الهرمون الذى يحفظ افراز البروجستيرون من الجسم الأصفر . ويقوم البروجستيرون بالافعال التالية :

١ – يتابع التغيرات الحادثة بالرحم بفعل الاستروجين والمؤدية لاعداده لانفراس البويضة المخصبة .

٢ – يحافظ على بقاء الجنين بالرحم ولذا فاتلاف الجسم الأصفر مغ بداية الحمل يؤدى للاجهاض .

٣ – يشجع نمو وتطور الغدة اللبنية خلال الحمل .

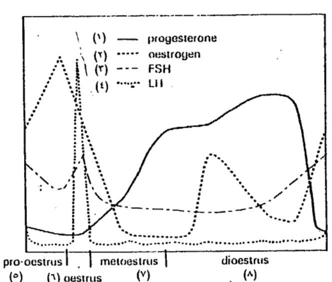
٤ – ضرورى لتكوين المشيمة ولذلك فنزع الجسم الأصفر بعد انفراس البويضة يؤدى لفشل تطور المشيمة وموت الجنين والاجهاض.

٥ – يقلل حساسية عضلات الرحم لهرمون الاكستيوسين وبذلك تقل انقباضات الرحم خلال الحمل بما يسمح لنمو الجنين . وبنهاية الحمل يبدأ تراجع الجسم الأصفر وتحلل المشيمة ويقل افراز البروجستيرون مما يعمل على ظهور فعل الاكستيوسين وبدأ الولادة .

٦ – يوقف نمو حويصلات مبيضية جديدة ويثبط التبويض .

٧ – يشجع نشاط الغدد الرحمية بالاندومتريم التى تفرز اللبن الرحمى اللازم لتغذية الجنين .

واذا لم يحدث اخصاب يبدأ الجسم الأصفر فى الانحلال بعد ١٠ أيام وبالتالى يقف افراز البروجستيرون وهو الأمر الذى معه تبدأ الغدة النخامية الأمامية فى افراز الهرمون منبه الحويصلات وهرمون التبويض وبالتالى تعاد الدورة التناسلية وظهور علامات الشياع بعد ٢١ يوم (شكل ١٢ - ٦) .



شكل ١٢ - ٦ : التغيرات الهرمونية خلال دورة شياع الماشية فى البقرة يستغرق الشياع ٨ - ٢٤ ساعة ودورة الشياع ١٨ - ٢٤ يوم . (عن هيث وأوليسانيا) .

البروجسترون (٢) الاستروجين (٣) الهرمون المنبه للحويصلات (٤) هرمون التبويض (٥) قبل الشباع (٦) الشبق (٧) بعد الشياع (٨) السكون الجنسى

واذا حدث اخصاب للبويضة وانغرس الجنين تصبح الانثى حاملا ، وحينئذ تفرز المشيمة كمية كبيرة من الاستروجين الذى يعمل على تشجيع افراز البرولاكتين خاصة قرب نهاية الحمل . زيادة الاستروجين تحضر عضلات الرحم لفعل الاكسيتوسين المقلص للعضلات وبعد ذلك تبدأ فترة استرخاء نتيجة لفعل هرمون الريلاكسين Relaxin والتى تصل لعنق الرحم والمهبل وروابط الحوض . يلى ذلك انحلال الجسم الأصفر نتيجة لفعل هرمونات البروستاجلاندين . كذلك فان الانقباضات القوية الناجمة عن فعل الاكسيتوسين تبدأ الولادة عبر عنق الرحم والمهبل المسترخيين .

(ب) دور الهرمونات فى تناسل الذكور :

الهرمونات الذكرية (الأندروجينات) تشمل التستستيرون Testesterone ومشتقاته وتفرزه خلايا ليدج Leydig cells أو الخلايا البينية للخصية Interstitial cells . وبعد تحرر

الهرمون من الخصية يظل بالدم فى صورة تستستيرون بروبيونات مرتبطة ببروتين الدم لمدة تتروا ح بين ١٥ – ٣٥ دقيقة . ويتحول بالكبد الى نواتج قليلة الفعالية هى الاندروستيرون Androsterone والداى هيدروابياندروستيرون Dehydroepiandrosterone وهو الناتج الموجود بالبول . ويقوم الهرمون المنبه للحويصلات FSH بتنبيه الخلايا الطلائية الجرثومية لانتاج الحيوانات المنوية فى حين أن الهرمون المنبه للخلايا البينية ICSH (هرمون التبويض LH) ينبه الخلايا البينية لانتاج الهرمون الذكرى . ويعمل التستستيرون على النخامية لتقليل افراز الهرمون المنبه للحويصلات FSH وكذلك من خلال الهيبوثلاماس لتثبيط افراز LH وبالتالى تخليق الاندروجينات ويتم ذلك من خلال هرموناتالهيبوثلاماس (GnRH) . ويقوم هرمون التستستيرون بالوظائف التالية :

١ – تحور غدد الجنس الملحقة .

٢ – تطور صفات الجنس الثانوية .

٣ – زيادة تركيب وقوة وشدة الليفات العضلية وذلك عن طريق مساعدة تخليق البروتينات .

٤ – زيادة تخليق كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين ومركبات الدم الأخرى .

تكوين الجاميطات (خلايا التكاثر) Gametogenesis

تسمى سلسلة التحورات المؤدية لتكوين خلايا التكاثر أو الجاميطات الناضجة بعملية تكوين الجاميطات Gametogenesis . فعندما يصل الكائن الحى لمرحلة النضج الجنسى يصبح قادرا على تكوين خلايا جنسية ناضجة وتتم هذه العملية فى الغدد الجنسية وهى المبيض فى الانثى وتسمى العملية بتكوين البويضات Oogenesis فى حين تتم فى الذكر بالخصية وتسمى بتكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis (شكل ١٢ – ٧) .

(أ) تكوين البويضـات Oogenesis

يغطى المبيض طبقة من النسيج الطلائى المكعب يعرف بالنسيج الجرثومى Germinal epithelium الذى تتطور خلاياه لتكوين البويضات ويتم ذلك عن طريق انقسام خلايا النسيج الطلائى الجرثومى انقساما غير مباشر مكونا خلايا امهات البيض Oogenesis التى تزداد فى العدد بواسطة الانقسام غير المباشر حيث يحوى كل منها العدد الثنائى من الكرموسومات . وبعد ان تكف امهات البيض عن الزيادة فى العدد تكبر فى الحجم

وتصبح خلايا بيضية أولية Primary oocytes . وبعد البلوغ تتطور احداها كل دورة تناسلية لتعطى بويضة فعالة . خلية البيضة الأولية تنقسم انقسام اختزالى وتعطى خليتين ، الخلية البيضية الثانوية Secondry oocyte التى تكون كبيرة وتستقبل غالبية السيتوبلازم والخلية الأخرى صغيرة وتسمى الجسم القطبى الأول First polar body . وتستقبل كل من هاتين الخليتين نصف عدد كرموسومات الخلية الأمية . وينقسم كلا النوعين انقساماً غير مباشراً ويتكون عن النوع الأول أم البويضة Ootid التى تتطور لبيضة تامة Ovum وجسم قطبى ثانى Second polar body كما يعطى النوع الثانى جسمين قطبيين . وتكون المحصلة تكوين بويضة واحدة وثلاثة اجسام قطبية غير فعالة وتتحطم .

تتميز البويضة وتهاجر لداخل المبيض وتحاط بطبقة واحدة من الخلايا الطلائية التى تغلف بتحوير خاص من خلايا نخاع المبيض مكونة نسيج ليفى ضام يعرف بالجدار الحويصلى Theca folliculi . ويطلق على هذا التكوين حويصلة أولية التى تمر بمرحلة نضج حتى تصل للحويصلة الناضجة على سطح المبيض حيث تنفجر عند التبويض (شكل ١٢ - ٥) .

(ب) تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

تتكون الخصية من قنوات منوية ملتفة يربطها نسيج ضام يحتوى على الخلايا البينية . تشمل جدران القنيات المنوية الخلايا المنوية التى تميزت مرتبة فى صفوف بعمق ٥ - ٨ خلايا تحوى الصفوف الخارجية خلايا أمهات المنى Spermatogonia التى تكبر فى الحجم وتتزايد فى العدد بفعل عمليتى انقسام غير مباشر وتكون الخلايا المنوية الأولية Primary spermatocytes . وتنقسم هذه الخلايا انقسام مباشر (اختزالى) مكونة اثنين من الخلايا المنوية الثانوية Secondry spermatocytes التى تهاجر للداخل وتكبر فى الحجم وتنقسم انقاسم غير مباشر معطية خلايا امهات المنى Spermatids تحوى نصف عدد كروموسومات الخلايا الأساسية . وتتطور خلايا امهات المنى الى حيوانات منوية Spermatozoa ناضجة وذلك بفقد كمية كبيرة من السيتوبلازم وتكثف النواه بشكل رأس وتكوين زيل سوطى . وتظهر الخلية مرتكنة على خلايا كبيرة من النسيج الأساسى للقنيات المنوية ولها وظيفة غذائية وتسمى خلايا سرتولى Sertoli cells . تسبح الحيوانات غير تامة النضج فى تجويف القنيات المنوية حيث تمر الى الممرات الاخراجية للبربخ فى تركيز يصل الى ٣٥٠ ألف / مم^{٣} حيث تخزن فيه لحين استعمالها .

ومما سبق يلاحظ ان كل خلية منوية ابتدائية تعطى اربعة حيوانات كل منها تحوى

عدد احادى من الكرموسومات . وتستغرق عملية تكوين الحيوانات المنوية نحو ٦ – ٧ أسابيع وهى عملية مستمرة ابتداء من البلوغ (٨ – ١٢ شهر فى الماشية) لنهاية الحياة .

ويختلف حجم السائل المنوى وتركيز الحيوانات المنوية به حسب نوع الحيوان (جدول ١٢ – ١) وحالته الفسيولوجية . ويلاحظ ان الحيوانات المجترة تفرز سائل منوى مركز تقذفه على سطح عنق الرحم والجزء الامامى من المهبل وتصل كمية بسيطة منه للرحم فى حين يقذف الحصان والخنذير كمية كبير من السائل المنوى المخفف نسبيا وتدخل من عنق الرحم للرحم ثم تتركز بسرعة بامتصاص معظم افرازات الغدد الجنسية المساعدة اثناء الشبق وهى الفترة التى يسمح فيها فقط بالجماع .

جدول ١٢ – ١ : حجم القذفة وتركيز الحيوانات المنوية فى الحيوانات الزراعية

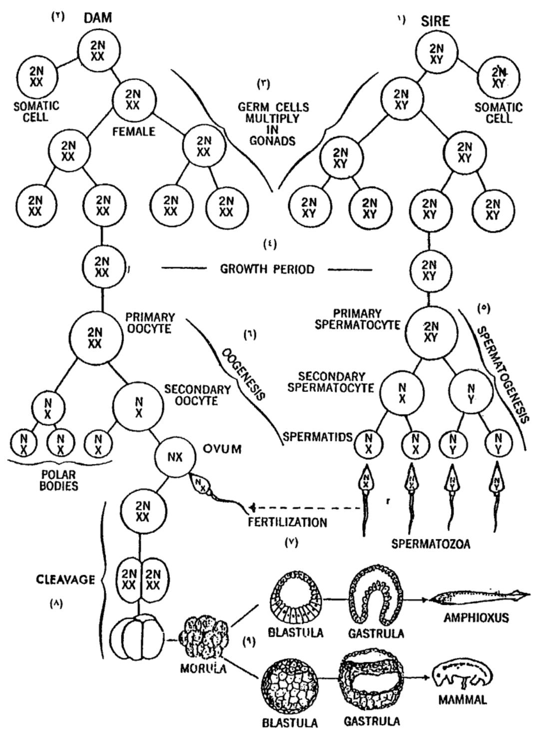
نوع الحيوان	حجم القدفة(مل)	تركيز الحيوانات المنوية (مليون / مل)	الحيوانات المنوية الكلية المقذوفة (مليار)
ثور بقرى	٢ – ٨	١٠٠٠	٤
فحل جاموس	١.٥ – ٨	١٠٠٠	٣
كبش	١.٣ – ١.٦	٣٠٠٠	٣
تيس	١.٣ – ١.٦	٣٠٠٠	٣
ديك	٠.٢ – ١	٣٥٠٠	٣
حمار	٢٠ – ٨٠	٤٥٠	٢٠
حصان	٥٠ – ٢٥٠	١٢٠	١٠
خنذير	١٥٠ – ٥٠٠	١٠٠	٢٥

الدورة التناسلية The sexual cycle

يصحب البلوغ الجنسى Puberty فى الإناث سلسلة من التغيرات الفسيولوجية والسلوكية تأخذ نمط أو دورة خاصة واضحة المعالم والمظاهر تعرف بالدورة التناسلية أو دورة الشبق Estrus cycle . ويصاحب الدورة بعض التغيرات بالجهاز التناسلى التى تلزم للانتاج البويضات وزيادة الرغبة فى تقبل الذكر ونجاح عمليات الاخصاب والحمل .

وتنقسم الحيوانات الثديية من حيث نظام دورة التناسل الى قسمين :

(أ) حيوانات وحيدة دورة الشبق Monoestrus animals وفيها يحدث الشبق وما يصاحبه



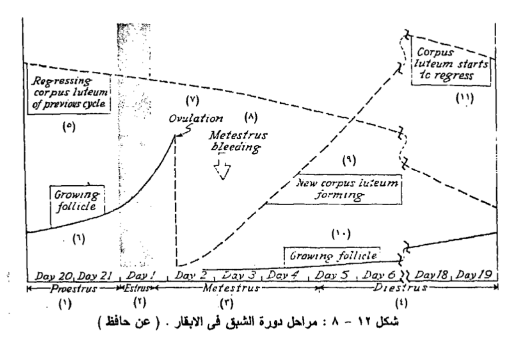
شكل ١٢ ٧ عملية تكوين خلايا التكاثر (الجاميطات) وذلك فى الذكر (اليمين) والأنثى (اليسار) ثم اتحاد البويضة بالحيوان المنوى لتكوين الزيجوت (عن بانرجى)

(١) الذكر (٢) الانثى (٣) تضاعف الخلايا التناسليه بالغدد الجنسيه (٤) فتره النمو (٥) تكوين الحيوانات المنويه (٦) تكوين البويضات (٧) الاخصاب (٨) انقسام البويضة المخصبه (٩) تكوين الجنين

من مظاهر مرتبطة بالتبويض مرة واحدة خلال موسم التناسل أو السنة مثل اناث الدببة والذئاب والثعالب والكلاب .

(ب) حيوانات عديدة دورات الشبق Polyestrus animals وفيها تحدث اكثر من دورة شبق خلال العام أو فصل التناسل وتشمل هذه الحيوانات الزراعية والقطط .

والفترة بين شبق وآخر تسمى دورة الشبق Estrus cycle ويختلف طولها باختلاف نوع الحيوان حيث تبلغ ٢٨ يوم فى الجاموس ، ٢١ يوم فى الأبقار ، ١٥ - ١٦ يوم فى الأغنام والماعز و ٣٥ يوم فى الفرسة . وتقسم دورة الشبق الى اربعة مراحل : ما قبل الشبق Proestrus الشبق Estrus ، ما بعد الشبق Metaestrus ومرحلة اللاشبق أو السكون الجنسى Diestrus (شكل ١٢ - ٨) .



شكل ١٢ - ٨ : مراحل دورة الشبق فى الابقار . (عن حافظ)

(١) ما قبل الشبق (٢) الشبق (٣) ما بعد الشبق (٤) السكون الجنسى (٥) اضمحلال الجسم الأصفر (٦) نمو الحوصله (٧) التبويض (٨) نزيف ما بعد الشبق (٩) نمو جسم أصفر جديد (١٠) حوصله نامية (١١) بدأ أضمحلال الجسم الأصفر

١ - مرحلة ما قبل الشبق Proestrus : وهى أول مراحل دورة الشبق وتستغرق نحو يومين يتم فيهم اكتمال نمو وتطور البويضات بالمبيض تحت تأثير هرمونات النخامية المنبهة للغدد الجنسية الأمر الذى يترتب عليه ارتفاع تركيز هرمون الاستروجين . وتحدث تغيرات بقناة المبيض حيث يزداد حجم وطول الخلايا المبطنة ويزداد عدد وطول اهدابها مما يساعد فى نقل البويضة للرحم . ويزداد سمك الخلايا المبطنة للمهبل وتتقرن لتحميه من اى اضرار قد تحدث عند

الجماع . وبنهاية المرحلة تتضخم فتحة الحيا نتيجة لتوارد الدم اليها كما يزيد انجذاب الأنثى للذكر .

٢ – مرحلة الشبق Estrus : وتعرف بمرحلة الرغبة الجنسية حيث يكون النشاط الاستروجينى فى اقصاه وتصل البويضة لتمام تكوينها فتظهر حويصلة جراف بارزة على سطح المبيض ممتلئة بالسائل الحويصلى ويزداد احتقان الغشاء المخاطى المبطن للجهاز التناسلى ويزداد سمكه وافرازاته المخاطية التى تظهر خارج فتحة المهبل الذى تتضخم شفراته . وتتميز هذه الفترة بتغير سلوك الانثى فتعتلى زميلاتها ، وتصبح قلقة كثيرة الحركة ويصدر عنها اصوات مميزة ، وتقل شهيتها ويقل ادرار اللبن وتقبل الذكر اذا وثب عليها . ويصل طول هذه الفترة ١٢ – ٢٤ ساعة فى الابقار ، ١ – ٢ يوم فى الأغنام ، ٤ – ٥ يوم فى الأفراس و ٢ – ٣ أيام فى الخنازير . ويحدث التبويض فى وسط هذه المرحلة كما فى الأفراس أو قرب نهايتها كما فى الأغنام أو بعد انتهائها كما فى الأبقار .

٣ – مرحلة ما بعد الشبق Metaestrus : تبدأ بعد انتهاء مرحلة الشبق وتستغرق نحو ٣ أيام حيث تتوقف مظاهر الشياع وقبول الذكر وغالبا ما يتم خلالها التبويض فى الابقار . ويبدأ تكوين الجسم الأصفر وبالتالى يرتفع تركيز هرمون البروجستيرون ويقل الاستروجين . كما تبدأ خلالها أول مراحل التصاق الجنين بجدار الرحم وظهور الغدد الرحمية ويسمك افراز عنق الرحم الذى يضيق مجراه ويقل خروج السوائل منه .

٤ – مرحلة السكون الجنسى Diestrus : وهى اطول مراحل دورة الشبق (١٥ يوم) وفيها يتم اكتمال بناء الجسم الأصفر وظهور تأثيره على الرحم الذى تتطور عضلاته ويصبح جداره الداخلى اكثر سمكا ويزداد حجم الغدد الرحمية التى تفرز اللبن الرحمى اللازم لتغذية الجنين فى بداية عمره . واذا حدث حمل تستمر هذه المرحلة ويظل الجسم الأصفر نشطا طول مدة الحمل اما اذا لم يحدث اخصاب وحمل يضمحل ويتلاش الجسم الأصفر وبالتالى يبدأ المبيض فى تكوين حويصلة مبيضية جديدة وتكرر دورة الشياع .

اما فى الحيوانات موسمية التناسل فاذا كانت دورة الشبق هى آخر دورة فى الموسم فان مرحلة السكون الجنسى تمتد لبداية الموسم التالى ويطلق عليها فى تلك الحالة مرحلة انقطاع الشياع Anestrous .

التبـويض Ovulation

التبويض هو خروج البويضة من حويصلة جراف ونزولها لقناة البيض ويحدث هذا تلقائيا spontaneous فى معظم الحيوانات الاليفة نتيجة لوجود توازن بين هرمونات الغدة النخامية الأمامية (FSH & LH) . وفى حيوانات اخرى كالقطة والارنبة يحدث التبويض المستحث Induced نتيجة لمؤثر خارجى هو التلقيح .

ويتم التبويض عادة قرب نهاية فترة الشياع مع وجود اختلافات بين أنواع الحيوانات (جدول ١٢ – ٢) . ففى الأبقار يحدث التبويض بعد ١٢ – ١٥ ساعة من فترة الشياع التى طولها ١٨ ساعة وفى الأغنام والماعز يتم التبويض قبل نهاية الشبق بعدة ساعات والذى عادة ما يستغرق ٢٤أ– ٤٠ ساعة . وفى الخنازير يحدث التبويض بعد حوالى ٣٦ ساعة من بدأ فترة الشياع التى تستغرق ٤٠ – ٦٠ ساعة . وفى معظم الثدييات يحدث التبويض بعد الانقاسم النضوجى فى حين أن الكلاب وربما الافراس يحدث فيها التبويض والبويضة فى مرحلة البويضة الأولية Primary oocyte ويتم نضجها بقناة فالوب .

الحويصلات الناضجة تتكون جدرها من ثلاث طبقات . الطبقة الخارجية تنفصل خلال التغيرات السابقة للتبويض فى حين ان الطبقة الداخلية تنثنى للخارج مكونة حلمة تندفع فيها البويضة وما يتصل بها من خلايا . ثم يحدث انفصام بين خلايا جدار الحوصلة المواجهة للبويضة ويندفع فيه السائل الحوصلى ساحبا البويضة وما يتصل بها من خلايا لخارج الحوصلة والمبيض .

وتتم عملية التبويض بفعل هرمون التبويض LH المفرز من النخامية، تحت تأثير هرمون تحت المهاد المحرر (GnRH) ويقوم هرمون التبويض بتشجيع الـ DNA على تخليق m-RNA خاص . وهذا بالتالى يشجع تخليق انزيم كولاجيناز Collagenase يسبب هدم الكولاجين الموجود فى تركيب جدار الحوصلة مما ينجم عنه عملية الاضمحلال الحادثة عند التبويض . ولقد لوحظ ان معاملة العجلات عند بداية الشياع بالاكسيتوسين تسرع من وقت التبويض وهو ما يشير الى أن هرمون الاكسيتوسين قد يكون احد العوامل الهيبوثلامية المحررة لجوناد وتروبينات النخامية (LH) .

وفى الحيوانات المستأنسة تبقى البويضة حية وصالحة للاخصاب نحو ١٢ – ٢٤ ساعة بعد التبويض . البويضات الهرمة قد تظهر قدرة على الاخصاب الطبيعى ولكن يحدث منها نسبة عالية من موت الأجنة . وتقل نسبة الخصوبة فى البويضات مع مرور الوقت ثم تنعدم تماماً .

جـدول ١٢ - ٢ : الـدورة الانتاجيـة للحيوانـات الأليفـة

النوع	عمر البلوغ	طبيعة الدورة التناسلية	طول مدة الشياع	وقت التبويض	فترة اقصى خصوبة	طول مدة الحمل (يوم)	عمر الحيوان المنوى بالرحم
- الابقار	٢ - ٢,٥ سنة	متعدد الدورات وتتكرر كل ٢١ يوم	٨ - ٢٤ ساعة متوسط= ١٩ ساعة	١٤٣ ساعة بعد نهاية الشياع	آخر ٨ ساعات من الشياع	٢٨٥	٢٠ ساعة
- الجاموس	٢ - ٢,٥ سنة	متعدد الدورات تتكرر كل ٢٨ يوم	٨ ساعات - ٣ يوم متوسط= ٣٢ ساعة	١٠ - ٥ ساعة بعد نهاية الشياع	آخر ٨ ساعات من الشياع	٣٠٧ - ٣١٦	أقل من ٢٤ ساعة
- النعاج	٦ - ١٢ شهر	مختلفة - وتتكرر الدورة كل ١٥ يوم	٣٦ ساعة	قرب نهاية الشياع	النصف الثانى من الشياع	١٥٠	٢٢ - ٤٢ ساعة
- الماعز	٤ - ٨ شهر	متعددة الدورات وتتكرر كل ١٥ - ١٨ يوم	١ - ٢ يوم	قرب نهاية الشياع	—	١٥٠	
- الخيل	٢ سنة	موسمية - متكررة الشياع كل ٢١ يوم	٣ - ٤٠ يوم متوسط ٧ يوم	٢٤ ساعة قبل نهاية الشياع	اليوم قبل الأخير من الشياع	٣٣٦ - ٣٤٠	٢ - ٣ يوم
- الجمال	٣ - ٤ سنة	متعدد الشياع ومتكرر كل ١٠ - ٢٠ يوم	١ - ٧ يوم	—	—	٣٩٥ - ٤٠٦	
- الخنذير	٥ أشهر	متعدد	٢ - ٣ يوم	٣٦ ساعة بعد حدوث الشياع وتستمر حتى ١٢ ساعة	١٢ ساعة ، ٣٦ ساعة بعد حدوث الشياع	١٢٠	٢٤ ساعة
الكلبة	٩ - ١٢ شهر	وحـيدة	٨ يـوم	١ - ٣ يوم بعد حدوث اعراض الشياع	الثلاث أيام الأولى قبل الشياع	٦٠ - ٦٥ يوم	٤ أيام

تحدث عملية التبويض دورياً فى الحيوانات فقد تتم مرة واحدة فى العام فى بعض الحيوانات أو مرة كل شهر كما فى الإنسان وبعض أنواع الماشية . عدد البويضات الناتجة من المبيض كل مرة تتراوح بين واحدة كما فى الإنسان ، الماشية والدواجن الى عدة ألاف كما فى الضفادع وربما عدة ملايين كما فى الأسماك . وفى الأبقار يتكرر التبويض من المبيض الأيمن أكثر من الأيسر (٢٠,٢٪)ويعتقد بأن هذا يرجع لقرب الكرش من المبيض الأيسر مما يسبب ضغطاً يمنع توارد الدم للمبيض الأيسر . ويمكن توقيت الشياع والتبويض Synchronization of ovulation فى حيوانات المزرعة بعدة طرق أهمها المعاملة بالبروجستيرون بطوال مدة دورة الشياع ابتداء من الأيام الأربعة الأولى للدورة . وبعد انتهاء المعاملة فان معظم الحيوانات تشيع خلال ٢ – ٥ أيام . وفى الأغنام يمكن اعطاء البروجستيرون عن طريق زرعة تحت الجلد أو عن طريقة اسفنجة مهبلية لمدة ١٢ – ١٤ يوم وأكثر من ذلك قليلا فى الماعز . الطريقة الأخرى لتنظيم الشياع تعتمد على استخدام مادة محللة للجسم الأصفر مثل البروستاجلاندينات . حيث تعطى حقنتين فى أى مرحلة من الدورة يكون بينهما ١١ – ١٢ يوم فى الماشية وفى الأغنام يكون بين المعاملتين ٨ أيام . ويمكن الجمع بين الطريقتين حيث تعامل الأبقار لمدة ٩ – ١٢ يوم بالبروجستيرون ثم تعامل بالبروستاجلاندين (جدول ١٢ – ٣) .

الاخصـاب Fertilization

الاخصاب هو اندماج Syngamy الحيوان المنوى مع البويضة وتكوين الذيجوت Zygote.والحيوان المنوى عليه ان يعبر القنوات التناسلية الذكرية والأنثوية حتى يتحد مع البويضة الموجودة بمنطقة الأمبولا بقناة البيض . وفى معظم الثدييات يبدأ الاخصاب بعد طرد الجسم القطبى الأول ويخترق الحيوان المنوى البويضة اثناء حدوث الانقسام الاختزالى الثانى بها . ويمكن تقسيم الاخصاب الى :

(أ) مقابلة الحيوان المنوى بالبويضة : وصول الحيوان المنوى لمكان الاخصاب قبل البويضة يوحى بأن الحيوان المنوى يتعرض لفترة ٤ -٦ ساعات فى الابقار و ١,٥ ساعة فى الأغنام لافرازات المهبل والرحم قبل خرق الأغشية المحيطة بالبويضة وهذه العملية تسمى مرحلة التهيؤ للاخصاب Capacitation . ورغم ان عدد الحيوانات المنوية بالقذفة يقدر بمئات أو ألاف الملايين (جدول ١٢ – ١) فان عدد الحيوانات الذى يصل للامبولا قليل ولا يزيد عن ألف . ويبدوا ان مقابلة اى حيوان منوى بالبويضة لا يتم اعتباطيا ، فحيوان منوى من نوع معين قد يكون أكثر قابلية للمساهمة عن نوع آخر . وفى حالات أخرى فان الظاهرة تعتمد على

جدول ١٢ – ٣ : طرق تنظيم الشياع فى حيوانات المزرعة

النـوع	المعامـلات	موعد ظهور الشياع
الماشيـــة	– حقن ٢٠ – ٣٠ مجم بروستاجلاندين $F_2\alpha$ بالعضلات فى اى يوم خلال الفترة من ٥ – ٦ يوم من دورة الشياع .	٢ – ٤ أيام بعد المعاملة
	– وضع ٥ مجم بروستاجلاندين $F_2\alpha$ بداخل الرحم فى اى يوم خلال الفترة من ٥ – ١٦ يوم من دورة الشياع .	٣ – ٣ أيام بغد المعاملة
	– حقن ٣٠ مجم بروستاجلاندين $F_2\alpha$ بالعضلات مرتين بينهما فترة ١٠ أيام بغض النظر عن مرحلة دورة الشياع .	٢ – ٤ أيام بعد الحقن الثانى
	– غرس ٦ مجم بروجستين (SC2 1009) تحت الجلد متزامنا مع حقن ٣ مجم من نفس المركب + ٥ مجم استراد يول بالعضلات . ويزال الغرس بعد ٩ – ١٤ يوم .	٢٤ – ٥٢ ساعة بعد ازالة البروجستين
الأغنام والماعز	– يحقن بالعضلات ١٢,٥ مجم بروجستيرون زائب بالزيت يومياً لمدة ١٦ يوم .	١ – ٣ أيام بعد آخر حقن
	– يحقن بالعضلات ١٠ – ١٥ مجم بروستاجلاندين $F_{2\alpha}$ فى أى يوم خلال الفترة من ٥ – ١٤ يوم بعد دورة الشياع .	١ – ٣ أيام بعد الحقن
	– وضع اسفنجة مهبلية تحوى ٢٠ مجم، خـــلات فليروجستون بالمهبل لمدة ١٦ – ٢٠ يوم ثم يحقن بالعضلات ٥٠٠ وحدة دولية PMSG + ٥٠٠ وحدة دولية hCG عند وقت نزع الاسفنجة .	١ – ٢ يوم بعد ازالة الاسفنجة

الصدفة أى أن أى حيوان منوى يخصب أى بويضة . ويبدوا ان خلايا غشاء الخلية Cumulus cells تسهل الاتصال بالحيوان المنوى .

(ب) دخول الحيوان المنوى للبويضة : ليصل الحيوان المنوى للبويضة عليه ان يخترق الأغشية المحيطة بالبيضة وهى : الركام المحيط بالبويضة Cumulus mass ، المنطقة شبه النفاذة Zona pellucida والغشاء المحى (الفتلين) Vitelline membrane (١٢ – ٩) . الركام المحيط بالبويضة يتكون من عدد كبير من الخلايا

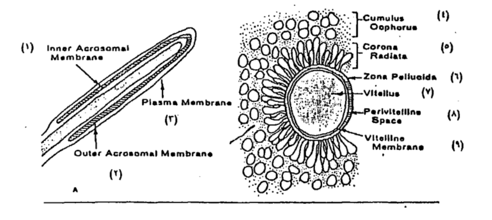
الحويصلية مغروسة فى مادة اساسية تتكون من معقد البروتين وحمض الهيالويورنيك Hyaluronic acid . ويحمل الحيوان المنوى فى غطاءه الأمامى (الاكروسوم Acrosome) انزيم الهيالويورنيداز Hyaluronidase الذى يحلل المعقد المكون للركام المحيط بالبويضة وبذلك يكون الحيوان المنوى مجرى يصل به الى المنطقة شبه النفاذة التى تقف عائق امام دخول الحيوان المنوى . ويعتقد بأن البويضة تفرز مادة فرتليزين Fertilizin تتفاعل مع الحيوان المنوى وتلصقه معها . كما أن الحيوان المنوى يحوى انزيم الزونالايسين Zona lysin يعمل على الغشاء شبه المنفذ بما يسمح للحيوان المنوى ان يجد طريقة حتى يصل للغشاء الفلتينى . واخر مرحلة فى اختراق الحيوان المنوى تكون اتصال رأس الحيوان المنوى لسطح مادة المح (شكل ١٢ – ٩) . وتستغرق عملية الاختراق نحو نصف ساعة وتشمل فترة تنشيط البويضة من حالة الكمون واختراق الحيوان المنوى للأغشية البويضة حتى المح .

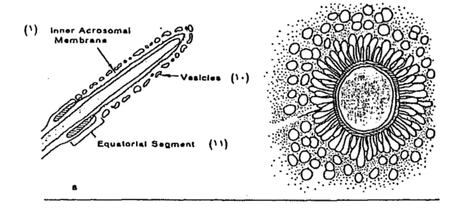
(جـ) تكوين مكونات النواه : يكون من نتيجة دخول الحيوان المنوى للبويضة تنشيطها وحدوث انكماش حجم المح (الفتلين) ودفع سائل فى الحيز الناجم عن الانكماش وفى نفس الوقت ينتفخ رأس الحيوان المنوى الموجود بالمح ويفقد شكله المميز . ويحدث التحام بين الغشاء البلازمى المحدد للخليتين وتمر مكونات الحيوان المنوى من نواه ، ميتوكوندريا وليفات الزيل وغلافة الى سيتوبلازم البيضة فى غشاء بلازمى واحد .

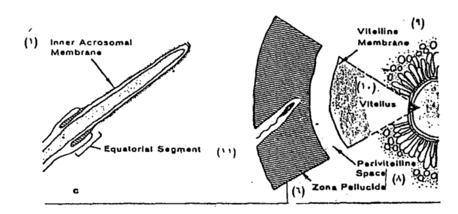
الجسم القطبى الثانى يطرد من البويضة عقب دخول الحيوان المنوى للبويضة مباشرة ويبدأ تكوين النواه التناسلية . ومكونات النواتين يزيدا تدريجيا فى الحجم (٢٠ ضعف) ويزيد التصاقهم وفجأة يحدث نقص حجم مكونات النواتين ويضمحلا تاركين مجموعتين من الكرموسومات يتحركان مع بعضهما مكونين مجموعة واحدة تمثل المرحلة الأولى للانقسام التكشفى الاول . المرحلة حتى اتحاد مجموعتى الكرموسومات تسمى بالاندماج Syngamy وتعنى ان الاخصاب اكتمل .

(د) تفاعل المنطقة شبه النفاذة وانسداد المح : رغم أن البويضة تشاهد وهى محاطة خارج المنطقة شبه النفاذة بعدة حيوانات منوية ، فان حيواناً واحداً فقط يخترقها . وهذا يرجع للتغيرات الحادثة بالمنطقة شبه النفاذة Zona reaction عقب مرور أول حيوان منوى خلالها وهذا يمنع مرور أى حيوان آخر .

الطريقة الأخرى التى تفترض مرور حيوان منوى آخر تلاحظ فى المح ذاته لحظة اتصال الحيوان المنوى بغشاء المح . حيث يحدث تفاعل فى هذا الغشاء يجعله لا







شكل ١٢ - ٩ : خطوات اختراق الحيوان المنوى للبويضة . A - يوضح حالة الحيوان المنوى والبويضة قبل الاندماج .
B - تفاعل أكروسوم الحيوان المنوى عند اختراق الركام المحيط بالبويضة .
C - حالة الحيوان المنوى المخترق للمنطقة شبه النفاذة المحيطة بالبويضة .
(عن ماكدونالد وبينيدا)

(١) الغشاء الداخلى للاكروسوم (٢) الغشاء الخارجى للاكروسوم (٣) الغشاء البلازمى (٤) ركام البيضة (٥) التاج الشعاعى (٦) المنطقة شبه النفاذة (٧) المح (٨) الحيز قبل المحى (٩) الغشاء المحى (١٠) حوصله (١١) القطعة المستوية

يستجيب لحيوانات منوية أخرى وهو ما يسمى بانسداد المح Vitelline block .

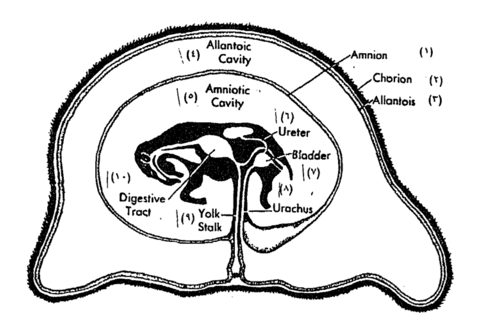
انغراس الجنين والأغشية الجنينية Implantation of fetus and fetal membranes :

انغراس الجنين يعنى انطواء الجنين النامى فى احد جوانب جدار الرحم . وفى الأبقار يتم هذا بعد نحو ١١ - ٤٠ يوم من التلقيح . فبعد الاخصاب ينزل الزيجوت خلال قناة البيض وتحدث انقاسامات خلوية تكتمل بقناة البيض ويكون الجنين الصغير مكونا من ٨ - ١٦ خلية وتسمى بمرحلة البلاستوسيت Blastocyte stage ويرحل الى الرحم بحثاً عن اتصال دائم خلال ٤ أيام . وخلال الأيام الأولى لوصول الجنين للرحم يعتمد كلية على افرازات الرحم (اللبن الرحمى) كمصدر للطاقة .

بعد عدد من الانقسامات يصبح الجنين عبارة عن كتلة مجوفة من الخلايا سمكها عدة طبقات. هذا النسيج وحيد الطبقة الخارجية Ectoderm وهو مصدر الجلد . وبعد فترة فان جانباً من هذه الكتلة يدفع للداخل مكونا تركيباً مذدوج الجدار يشبه الكوب تاركا الاكتودرم على السطح الخارجى ، السطح الداخلى لهذا التركيب يسمى الاندودرم Endoderm وهو مصدر القناة الهضمية . وتتكاثر الخلايا بين الاكتودرم والاندودرم مكونة طبقة جرثومية ثالثة هى الميزودرم Mesoderm وهى مصدر العضلات . ومن هذه الطبقات الجرثومية الثلاث لا ينشأ فقط انسجة الجنين المختلفة ولكن كذلك الأغشية المحيطة بالجنين والتى تحميه وتغذيه والتى تعرف بأغشية الجنين الخارجية Extra embryonic membrane وهى الامنيون والالنتوس والكريون (شكل ١٢ - ١٠) .

غشاء الامنيون Amnion : ينشأ من نمو احد جوانب الجنين لأعلى والجوانب محيطا بالجنين و دافعا اياه على القمة . وهو يلاصق الجنين ويضمه بحوصلة مزدوجة الجدار تسمى Water sac ويحتوى على سائل مائى يسمى السائل الامينوتى يعلق فيه الجنين وهو سائل شفاف وظيفته وقاية الجنين من المؤثرات الخارجية وضغط الأعضاء المحيطة ومنعه من الاحتكاك مع الاسطح التى تحيطه . وعند الولادة يعمل الامنيون على تمدد عنق الرحم وهو عند هذا الوقت يتقطع مما يسمح بهروب الماء وانزلاق الجنين .

غشاء الالنتويس Allantois : غشاء شفاف رقيق يوجد بين الامنيون والكوريون ويلاصق الكوريون ويغذيه بالأوعية الدموية . وعند الحبل السرى Umbilical cord ينثنى ليمتد على السطح الخارجى للامنيون فيتكون بين طبقتى الالنتويس فراغ يملاه سائل يشبه فى تركيبه السائل الامنيونى . ويصل بين تجويف الالنتويس ومثانة الجنين قناة اليوراكس Urachus التى تخترق القسم الامبيوبى للحبل السرى . ويعمل الالنتويس كجهاز بولى للجنين وكذلك يجمع بعض الفضلات الصلبة .



شكل ١٢ - ١٠ : الأغشية الجنينية بمشيمة الافراس (عن فراندسون)

(١) الأمينون (٢) الكريون (٣) الالنتويس (٤) التجويف الألنتويسى (٥) التجويف الأمنيونى (٦) الحالب (٧) المثانة (٨) اليوراكس (٩) عنق المح (١٠) القناة الهضمية

الكريون Chorion : هو ثالث الأغشية الجنينية والخارجى منها ويحيط كلية بالجنين ومن خلاله تتم عمليات الانتشار والاسموزية وتبادل الغازات والمواد الغذائية بين الأوعية الدموية لدورة الجنين وتيار دم الأم . ويندمج الالنتويس مع الكريون لتكوين مشيمة الجنين .

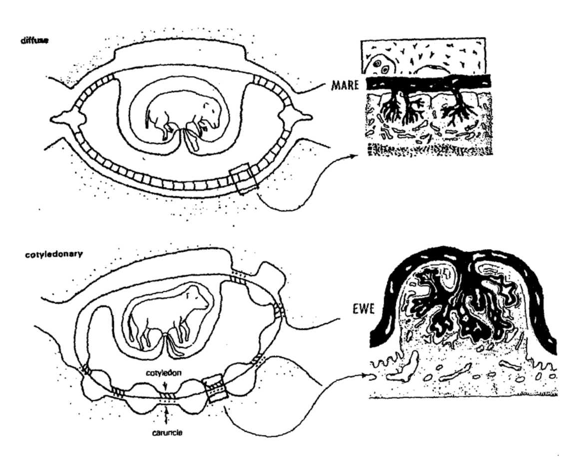
الكريون يتحد جيداً مع الغشاء المخاطى المبطن للرحم بواسطة خملات صغيرة اصبعية الشكل تسمى الخملات الكريونيه Chorionic villi وهى تنمو من جدار الكريون متجهة نحو جدار الرحم حيث تدخل بين ثنايا هذا الجدار وتلتحم معها وبذا يتكون اتصال دقيق بين انسجة الجنين وانسجة الأم وتعرف مجموعة هذه الانسجة المتصلة بالمشيمة Placenta . وهى بذلك تتكون من جزئين واضحين هما المشيمة الجنينية Fetal placenta والمشيمة الأموية Maternal placenta . ويصبح كل منهما غنيا بالأوعية الدموية مما يسهل تبادل المواد بينهما ولكن لا يختلط دم الجنين بدم الأم اطلاقا اذ تفصلهما خلايا الكريون . ويحدث تبادل المواد بينهما بواسطة الانتشار حيث يمر الاكسجين والمواد الغذائية من الشعيرات الدموية لانسجة الرحم للشعيرات الدموية للانسجة الجنين كما يمر ثانى اكسيد الكربون والبولينا من دم الجنين لدم الأم .

وقد تكون الخملات الكريونية موزعة توزيعاً متساوياً على جميع سطح الكريون أو تكون مركزة فى اماكن خاصة وعليه تنقسم المشيمة تبعاً لهذا التركيز الى الأنواع التالية :

١ – المشيمة المنتشرة Diffuse placenta وفيها توجد الخملات منتشرة على سطح الكريون مكونة ما يشبه الأصابع التى تنغرس فى تجويف مقابل لها بالرحم (شكل ١٢ – ١١) وهذا النوع يوجد فى الخنازير والخيل والجمال .

٢ – المشيمة الفلقية Cotyledonary placenta حيث توجد الخملات متجمعة فى مجموعات صغيرة تعرف بالفلقات عددها نحو ١٠٠ ويفصلها مساحات من الكريون الناعم (شكل ١٢ – ١١) . وتوجد مثل هذه المشيمة فى الأبقار والأغنام والماعز .

٣ – المشيمة المنطقية Zonary placenta وتوجد الخملات فى شريط أو منطقة تحيط بالكريون وتوجد مثل هذه المشيمة فى آكلات اللحوم .



شكل ١٢ – ١١ : نوعى المشيمة الموجودين فى الحيوانات الزراعية : من أعلى مشيمة الأفراس ومن أسفل مشيمة النعاج .(عن هيث واوليسانياوحافظ)
(المنطقة السوداء – غشاء الالنتوكوريون المحيط بالجنين ، المنطقة المنقطة – أنسجة رحم الأم)

٤ - المشيمة القرصية Discoidal placenta وفيها تتجمع الخملات فى قرص واحد كبير دائرى وتوجد هذه المشيمة فى الثدييات العليا .

٥ - المشيمة الفنجانية Spheroidal placenta وفيها تتجمع الخملات بقرص فنجانى وتوجد فى الفأر والأرانب .

مرحلة الجنين الذى فى عمر ١٣ - ٤٥ يوم تتميز بأنها فترة التشكل الأولى لمعظم أعضاء وأجزاء الجسم خاصة القناة الهضمية ، الرئتين ، الكبد والبنكرياس القلب والجهاز الدورى ويدق القلب عند عمر ٢١ - ٢٢ يوم . كما ثبت بدأ تكوين الجهاز العصبى والعضلى والهيكلى والبولى التناسلى .

ويتغير وزن الجنين وطوله خلال فترة الحمل حيث يزيدا تدريجياً خصوصاً فى الثلث الأخير من الحمل . والجدول التالى يوضح تغير وزن وطول جنين ماشية اللحم (الشورتهورن) خلال فترة الحمل (جدول ١٢ - ٤) .

جدول ١٢ - ٤ : تغير وزن وطول جنين الماشية خلال فترة الحمل

العمر (شهر)	الوزن (كجم)	الطول (سم)	العمر (شهر)	الوزن (كجم)	الطول (سم)
١	,٠٠٠٩	,٨	٦	٢,٧٢٤	٥٢
٢	,٠٠٩	٦	٧	١٠,٤٤٢	٧٠
٣	,٠٩	١٥	٨	١٦,٨٠٠	٨٠
٤	,٧٣	٢٨	٩,٥	٣٤,٠٠٠	٩٠
٥	١,٨١٦	٤٠			

الفترة التى تمضى بين اخصاب البويضة حتى الولادة تسمى مدة الحمل . وهى تختلف بين أنواع الحيوانات (جدول ١٢ - ٢) كما أنها تختلف بين أفراد النوع الواحد تبعا للظروف الفسيولوجية والبيئية المحيطة .

تشخيص الحمل Pregnancy diagnosis

تشخيص الحمل هو معرفة وتحديد الحيوانات الحامل وغير الحامل حتى يمكن تقليل الفقد فى الوقت وتكاليف التربية نتيجة عدم الحمل والعمل على علاج حالات العقم أو

استبعاد الحيوانات التى يتكرر عدم حملها . كما أن تشخيص الحمل مهم لتقييم الحيوانات عند البيع أو التأمين أو عند استخدام برامج تربية وتحسين الحيوانات . وهناك عدة طرق اكلينيكية ومعملية لتشخيص الحمل واختيار ايها يعتمد على نوع الحيوان ، مرحلة الحمل ، التكاليف ودقة وسرعة التشخيص .

(أ) الطرق العيادية (الاكلينيكية) Clinical methods

وهذه الطرق تشمل الفحص الشرجى (الجس) ، الفحص بالاشعة واستعمال الموجات فوق الصوتية .

١ - الفحص الشرجى (الجس) Rectal palpation : وتتم بادخال الزراع فى الشرج ويفحص الرحم يدويا لكشف اى اتساع رحمى والذى يحدث عند الحمل وكذلك فحص الجنين والأغشية الجنينية . وهذه الطريقة دقيقة ويمكن اجرائها عند مرحلة مبكرة من الحمل ومعرفة النتيجة مباشرة . وتصلح للماشية والأفراس ولا تصلح للنعاج والخنازير .

٢ - التصوير بالأشعة Radiography : وتعتمد على اظهار الهيكل العظمى للجنين على فلم لأشعة اكس . وتصلح هذه الطريقة مع الاغنام والخنازير . ومن عيوبها عدم امكانية استخدامها الا فى الثلث الأخير من الحمل ومكلفة وتحتاج لاحتياطات عند اجرائها .

٣ - الفحص بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic : وتعتمد على ارتداد الموجات الصوتية عند اصطدامها بجسم متحرك مع قليل من التغير فى ترددها . والجهاز يتكون من مكبر للصوت Amplifier ومجس Transducer يخرج منه قضيب الى بطن الحيوان أو يدخل من الشرج بغرض معرفة حركة الجنين ، اصوات قلب الجنين ، ونبضات أوعية الحبل السرى . وهذه الطريقة تنفرد بقدرتها على معرفة الجنين الحى . وتصل دقتها فى الحيوانات الكبيرة الى ٩٥٪ عند اليوم ٣٠ - ٩٠ من الحمل . كما أنها دقيقة لتشخيص حمل النعاج والخنازير بعد ٣٠ يوم من الحمل .

(ب) الطرق المعملية Laboratory method

وتشمل ثلاث طرق اساسية هى العينات المهبلية ، والاختبارات الكيماوية والتقديرات الهرمونية .

١ – العينات المهبلية Vaginal biopsy : وتعتمد على أخذ عينة من مهبل الأنثى وصبغه وفحصه ميكروسكوبياً . ويعتمد الاختبار على قلة عدد طبقات الخلايا فى طلائية المهبل من حوالى ١٢ فى حالة عدم الحمل الى ٥ فى حالة الحمل . كما أن شكل الخلايا يكون مكعب فى حالة الحمل . وهذا الاختبار كفاءته ٩٥٪ بعد اليوم ٤٠ من حمل النعاج واليوم ٢١ من حمل الخنازير. وهذه الطريقة تستغرق وقت طويل ومكلفة ولهذا فاستعمالها محدود .

٢ – الاختبارات الكيماوية Chemical tests : وهى عديدة مثل اختبار وجود جاما جلوبيولين بسيرم الأبقار الحامل وترسيبه يستعمل كدليل على الحمل وتبلغ نسبة نجاح تشخيص الحمل فى مراحله المختلفة نحو ٧٦٪ عند حمل ١٠ أيام ، ٩٣٪ عند حمل ٩٠ يوم ، ٩٨٪ عند حمل ١٢٠ يوم .

ومن الطرق ايضا اختبار كلوريد الباريوم الذى يتم باضافة ٤ – ٥ نقط كلوريد باريوم لنفس الحجم من البول وحدوث تعكير للمخلوط يدل على الحمل فى حين لا يحدث تعكير للحيوانات غير الحامل . ولقد امكن اكتشاف نحو ٧٥٪ من الأبقار الحامل فى مرحلة مبكرة بهذه الطريقة .

ومن طرق التشخيص أيضا طريقة دليل الأكسدة والأختزال حيث يضاف ٠,٦ مل من دليل بنزوات الصوديوم الى ٣ مل من بول البقرة ويترك المخلوط لمدة ٣ دقائق حيث يتكون لون اخضر يضمحل لونه فى حالة عدم الحمل خلال ٣٠ ثانية فى حين يبقى اللون حتى بعد مرور ١٠ دقائق فى حالة الحمل . وتبلغ نسبة نجاح التشخيص بهذا الاختبار نحو ٩١٪ .

٣ – التقدير الهرمونى Hormonal assay : حيث امكن باستخدام الطرق البيولوجية والكيماوية والمناعية الاشعاعية تقدير هرمونات الجونادوتروبينات والبروجستيرون والاستروجين ومعرفة ان كان الحيوان حامل أم لا وذلك بدقة تزيد عن ٩٠٪ مقارنة بالطرق الاكلنيكية .

ولقد امكن تقدير الجونادوتروبينات وخاصة هرمون سيرم الافراس الحامل PMSG فى دم الافراس بعد ٤٠ يوم من الحمل حيث يصل لأعلى مستوى له بين الأيام ٥٠ – ١٢٠ يوم. ويقدر الهرمون بالطرق البيولوجية أو المناعية حيث تحقن اناث الفئران غير البالغة بسيرم الافراس وتقتل بعد ٧٢ ساعة ووجود بقع نزفية بالمبيض أو حدوث أوديما بالرحم يدل على الحمل . والطرق المناعية Immunoassay تعتمد على أن تواجد الـ PMSG بالدم تمنع تراكم أو تجمع خلايا الدم

الحمراء للغنم بواسطة وجود مضاد Anti-PMSG وهذه الطريقة تكون دقيقة فى تشخيص الحمل عند اليوم ٥٠ - ١٠٠ .

تقدير مستوى البروجستيرون بسوائل الجسم المختلفة يعتبر من أهم وسائل تقدير الحمل حيث أن الحيوانات الحامل يرتفع فيها تركيز الهرمون بسبب وجود الجسم الأصفر فى حين ان الحيوانات غير الحامل يضمحل بها وبالتالى ينخفض مستوى الهرمون بالدم أو اللبن أو اللعاب . ويمكن تقدير البروجستيرون بالطرق المناعية الاشعاعية أو المناعية الانزيمية . ولقد امكن تحديد مستوى الهرمون فى دم الاغنام الحامل (٣,٧٥ نجم / مل) وغير الحامل (٢,٥٧ نجم / مل) بعد ٨ أيام من دورة الشياع فى حين انه بعد ١٦ يوم يكون مستوى الهرمون فى دم هذه الحيوانات ٣,٦ و٠,٤٤ نجم/ مل على التوالى . وفى الماشية امكن استخدام مستوى الهرمون باللبن للحكم على حمل الحيوانات حيث ظهر ان تقدير الهرمون عند اليوم ٢١ أو ٢٤ من التلقيح يمكن اتخاذه كدليل على الحمل فالحيوانات غير الحامل لا يزيد مستوى الهرمون عن ٨ ، ١٠ نجم / مل لبن فى حين ان الحيوانات الحامل تزيد عن ذلك كثيراً .

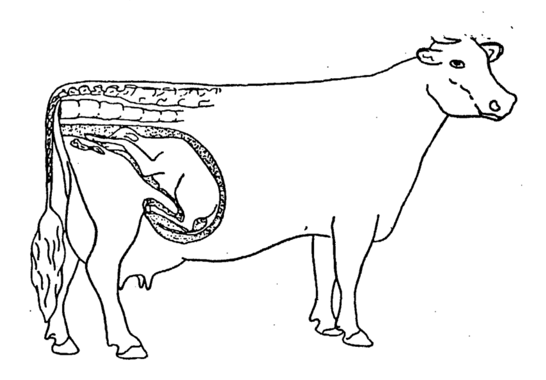
مستوى الاستروجين قد يستخدم ايضا كدليل على الحمل فوجود مستوى عالى من الهرمون بالدم أو اللبن عند اليوم ٢١ من التلقيح يدل على عدم الحمل . كما أن وجود مستوى عالى من الهرمون ببول الافراس ابتداء من اليوم ١٢٠ من التلقيح يعتبر دليلا على الحمل . ولكن يجب أن ننوه هنا الى ان المستويات العالية من الهرمون قد تتواجد ايضا فى حالات مرضية مثل الحويصلات المبيضية Ovarian cysts وحالات الجنون الجنسى Nymphomania مما يقلل من كفاءة هذا الاختبار مقارنا باختبار تقدير البروجستيرون .

الــولادة Parturition :

الولادة تعنى خروج الجنينواغشيته من الرحم خلال عنق الرحم والمهبل بواسطة قوى طبيعية وفى هذه الحالة يكون الجنين نامياً ومتطوراً بالدرجة التى تمكنه من العيش مستقلا . والولادة عملية فسيولوجية طبيعية وتكون مصحوبة بألم واضطراب عام راجع لصعوبة مرور كائن حى ذو حجم كبير نسبياً عبر قناة ضيقة جامدة .

وقبل الولادة فان الجنين يأخذ الوضع المناسب لخروجه بسهولة (شكل ١٢ - ١٢) وتصبح اربطة الحوض خاصة الرباط العجزى الوركى Sacrosciatic اكثر مطاطية مسببة ضعف عضلات الكفل وبذلك يلاحظ ارتفاع قمة الزيل . الشفرات تصبح اكثر

ترهلا ويزيد حجمها بمقدار ٢ - ٦ مرات . والضرع يصبح متطاول ومتضخم ويتحول افرازه من شبه العسلى الى الافراز السرسوبى . كما ان افرازات المهبل المخاطية التى تبدأ من الشهر السابع للحمل يزيد مقدارها قرب الولادة .



شكل ١٢ - ١٢ وضع الجنين فى رحم الأم قرب الولادة . (عن فراندسون)

اسباب الولادة :

الأسباب الحقيقية للولادة غير معروفة تماماً ولكن يعتقد بأنها ترجع إلى :

(أ) قرب نهاية الحمل يزيد مستوى الاستروجين ويقل البروجستيرون مما يزيد من حساسية الرحم لهرمون **الأكسيتوسين المفرز عند** الولادة وهذا يؤدى لحدوث انقباضات عضلات الرحم فتبدأ الولادة .

(ب) زيادة حجم الجنين وحدوث تغيرات غير معلومة بالمبيض يؤدى لحدوث تحلل دهنى بخلايا المشيمة فتضطرب عملية تبادل المواد بين الجنين والأم . وهذا يسبب حساسية للرحم مما يجعله يتفاعل ايجابيا محاولا طرد الجنين الذى يعتبر جسماً غريباً (فسيولوجياً) .

(جـ) اوضحت الدراسات أن ميعاد الولادة يتحكم فيه جزئياً الغدة النخامية للجنين . فعند عمر معين يزيد افراز الهرمون المنبه لقشرة الادرينال ACTH وبالتالى يزيد افراز قشرة الادرينال من هرمونات القشرين السكرية التى تؤثر على المشيمة فتغير من الهرمونات التى تفرزها فيزيد تكوين الاستروجين من البروجستيرون وهذا بالتالى يسبب انتاج البروستاجلاندينات من الرحم والذى يعمل على ايقاف نشاط الجسم الأصغر .

مراحل الولادة :

يمكن تقسيم مراحل الولادة الى اربعة مراحل :

١ - المرحلة التمهيدية The preliminary stage وهى تستغرق ما بين عدة ساعات لعدة أيام . وفيها تمتنع الانثى عن الأكل وتضطرب وتكثر حركتها والنظر لخاصرتها ثم تحرك ذيلها بعصبية . ويكبر الضرع وتتوتر الحلمات وينزل منها سائل لزج معتم . ويتورم الحيا ويحتقن غشاؤه المخاطى ويسيل منه افراز مهبلى مخاطى لزج . وترتخى اربطة الحوض فتظهر على جانبى قمة الزيل حفرتان صغيرتان .

٢ - مرحلة تمدد عنق الرحم The dilation stage وفيه يتمدد عنق الرحم وينخفض الكفل ويظهر اثناء ذلك الكيس المائى Water bag بما يحتويه من سائل امينوتى وغالباً ما يكون بعد ١ - ٣ ساعات وبمجرد انفجار هذا الكيس (طش القرن) يبدأ ظهور الجنين بالرأس مع المقدمتين فى الولادة الطبيعية .

٣ - مرحلة نزول الجنين The expulsion of the foetus stage في هذه المرحلة تنقبض عضلات الرحم والبطن انقباضات متوالية تسمى بانقباضات الطلق تتخللها فترات سكون تكون طويلة فى البداية وتقصر كلما دنت ساعة الوضع حتى تنتهى بخروج الجنين . وتلد الماشية فى العادة واقفة .

٤ - مرحلة طرد الأغشية الجنينية The expulsion of the placenta تنزل فى هذه المرحلة الأغشية الجنينية . ويكون نزولها فى الافراس سريعاً وفى خلال نصف ساعة أما فى الأبقار فتكون خلال ١٢ ساعة على الأكثر . وفى النعاج فقد تنزل الأغشية جميعها فى نهاية الوضع أو تنزل متفرقة مع كل جنين عقب ولادته . وعموماً فنزول مشيمة الماشية غالباً ما يتم فى خلال ٦ - ٨ ساعات من الولادة فاذا ما تأخرت عن ذلك فيجب اخراجها يدوياً .

العقم Sterility

فى مزارع الانتاج الحيوانى يعتبر انتظام توالد الحيوانات أهم هدف يرمى اليه المربى . فتأخير النضج ، قلة أو عدم الولادة ، طول فترة الجفاف ، الشياع الصامت ، تكرار الاجهاض وتكرار التلقيح تعتبر من المشاكل الرئيسية التى تقلل الكفاءة التناسلية للحيوانات . والمشاكل التى تسبب انعدام ودوام فشل عملية التناسل تعرف بالعقم Sterility فى حين ان انخفاض الخصوبة هى حالة وسط بين الخصوبة Fertility والعقم . وهى تسبب انخفاض الكفاءة التناسلية من ٩٩٪ الى ١٪ .

ويمكن تقدير الكفاءة التناسلية للاناث بعدة طرق اهمها عدد التلقيحات اللازمة للحمل حيث تكون الكفاءة التناسلية ١٠٠٪ اذا كانت هذه النسبة واحد اما اذا زادت هذه النسبة عن واحد فتعنى انخفاض الكفاءة التناسلية . كما أن هناك طريقة نسبة الأبقار التى تلد ابناء حية من تلقيحة واحدة من عدد الحيوانات الملقحة تلقيحة واحدة . وأخيراً طريقة حساب نسبة الأبقار التى لا تعود للتلقيح ثانياً خلال مدة معينة غالباً ما تكون ٦٠ - ٩٠ يوم فاذا عادت البقرة للتلقيح فهذا يعنى انها غير حامل اما اذا لم تعد فهذا يعنى حملها . اما الكفاءة التناسلية للذكور فتتم بقياس نسبة اخصابه للأبقار التى يلقحها . وكلما زاد عدد الأبقار المستخدمة للاختبار كلما زادت الثقة فى النتائج وهذا العدد يجب ان لا يقل عن ٣٠ - ٨٠ بقرة .

واسباب العقم عديدة ولكن يمكن وضعها تحت الاقسام التالية :

١ - تشـريحية .　　　٢ - عارضة أو حادثة .
٣ - فسيولوجية .　　　٤ - غـذائيـة .
٥ - نفسـية .　　　٦ - مرضيـة .
٧ - وراثية .　　　٨ - متنوعـــة .

١ - الأسباب التشريحية Anatomical

وهى تشمل عيوب تركيبية بالجهاز التناسلى يكون سببها وراثى أو مكتسب . وبعضها يكون شديد لدرجة أنه يسبب العقم فى حين أن بعضها يخفض الخصوبة وأهم هذه الحالات :

(أ) الخصية المعلقة Cryptorchidism وتعنى عدم نزول الخصية بكيس الصفن وقد تحدث فى خصية أو الاثنين . وينجم عن ذلك بقاء الخصية معرضة

لحرارة الجسم المرتفعة وبالتالى فشل النسيج الطلائى الجرثومى فى التطور لتكوين حيوانات منوية وقد ترجع هذه الحالة لاسباب وراثية .

(ب) فتاق الخصية Scrotal hernia نزول الاحشاء فى كيس الصفن من خلال القناة الاربية يؤدى لفشل وظائف الخصية وتحللها لاعاقة التمويل الدموى .

(جـ) العجز الجنسى الناجم عن فشل العضلة الساحبة للقضيب للانبساط بما يسمح للقضيب بالتمدد والخروج من الجراب وتسمى Impotentia Coeudi .

(د) التوائم الشاذة Free martin وهى حالة الانثى العقيم (٩١٪) والناتجة من وجود حمل انثوى مع ذكرى وبالتالى يحدث التحام الجهاز التناسلى الذكرى والانثى وعدم اكتمال اى منهما .

(هـ) وجود غشاء بكارة دائم Persistent hymen أو مرض العجلة البيضاء White heifer disease فغشاء البكارة عبارة عن غشاء رقيق يقع بين المدخل والمهبل فى العجلات البكرية . ويتقطع مع أول تلقيحه ولكن فى بعض الحالات يكون هذا الغشاء سميك بحيث لا يتقطع مع أول تلقيح ويظل مانعا للتناسل .

(و) عدم اكتمال تكون مجارى القنوات التناسلية مثل الأوعية المخرجة ، قنوات فالوب ، وقرون الرحم وبقائها على حالتها الأولية المصمته . واحيانا لا تلتحم قنوات ميلارين أو احيانا يتكون مهبيلين أو عنقين للرحم . وهذه الحالات تعمل كعوائق طبيعية .

(ز) غياب اجزاء من الجهاز التناسلى الذكرى أو الانثى مثل الغدد الجنسية .

٢ - الأسباب العارضة أو الحوادث Accidental : وهى تشمل الاضرار الناجمة عن فعل ميكانيكى ينجم عنه استبعاد الحيوان من التناسل بصفة مؤقتة أو دائمة . وهذه تشمل :

(أ) خدش أو تمزيق أو التهاب الأعضاء التناسلية . وهى غالباً ما تحدث فى الخيول والحمير عندما لا تجهز الاناث للتلقيح فى الوضع المناسب مما يسبب ضرر للقضيب أو الخصية .

(ب) ثقب جدار الرحم أو المهبل وهذا ينجم عن الولادة غير الطبيعية أو التلقيح بطلوقة كبير وشرس .

(جـ) سقوط الرحم أو المهبل وهى حالة غالباً ما تحدث قرب الولادة وهى تزيد من صعوبة الولادة .

٣ - الأسباب الفسيولوجية Physiological : وهى اكثر اسباب العقم وغالباً ما ترجع الى اضطرابات التوازن الهرمونى فى الكائن الحى وهذه تشمل :

(أ) فشل النضج الجنسى وغالباً ما يعزى لاضطراب وظائف الغدة النخامية ونقص افراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية وبالتالى عدم تطور الغدد الجنسية والملحقة . بعض الهرمونات مثل الثيروكسين وهرمون النمو وغيرها تؤثر على نمو الجسم وبالتالى على النضج الجنسى .

(ب) نقص تكوين الجاميطات وضعف الرغبة الجنسية . وهذه ترجع لضعف افراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية . حيث أن تكوين الحيوانات المنوية والبويضات بالغدد الجنسية يخضع لسيطرة الجوناد وتروبينات . ومن جهة اخرى فان الهرمون المنبه للخلايا البينية (LH) يشجع افراز التستستيرون الذى يعمل على اظهار الرغبة الجنسية .

(جـ) حالة عدم الشياع . وهى تحدث فى الاناث لعدة اسباب وهى حالتين :

- المبايض الطفلية Infantial ovaries وتعزى لاسباب وراثية وغذائية وتظهر البويضات بالمبيض غير متطورة وينخفض مستوى هرمون الاستروجين لدرجة عدم حدوث شياع .
- وجود جسم اصفر دائم .Presistent C.Lفقد يبقى الجسم الاصفر فعال ويفرز البروجستيرون الذى يكبح الغدة النخامية فلا تفرز هرموناتها المنبهة للغدد الجنسية خاصة الـ FSHفلا تتطور حويصلات جراف التى تفرز الاستروجين المسئول عن الشياع .

(د) الشياع الصامت . حيث تحدث دورة الشبق فى بعض الاناث بدون ظهور اعراض خارجية وهى ظاهرة تحدث فى الجاموس اكثر عن الابقار . والاغنام لا تظهر عليها علامات الشياع عند أول شبق بعد فترة السكون الجنسى الموسمية . وترجع هذه الحالة لنقص هرمون البروجستيرون نتيجة اضمحلال كلى للجسم الاصفر .

(هـ) الدورات القصيرة وفشل انفراس الجنين . وهذه الاعراض تحدث نتيجة لضعف الجسم الاصفر وبالتالى نقص افراز البروجستيرون وهو ما يسمح بافراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية من النخامية التى تشجع تكوين البويضات بالمبيض وحدوث شياع الحيوان قبل اكتمال الدورة التناسلية . ونقص البروجستيرون ايضا قد يؤدى لعدم الاعداد الجيد للرحم

الجنين وبالتالى فشل الحمل .

(و) المبيض المتحوصل أو الجنون الجنسى Cystic ovaries (Nymphomania) فى بعض الحيوانات قد تتكون حويصلة أو أكثر على المبيض مما يؤدى لحدوث دورات شبق قصيرة أو شياع طويل ولا يحمل الحيوان اذا لقح فى هذا الشياع وهذه الحويصلات يمكن ازالتها يدويا أو تعالج هرمونياً .

٤ – الاسباب الغذائية Nutritional : من اهم المشاكل التى تواجه مربى الحيوانات هو تأثير التغذية على التناسل . فنقص البروتينات أو الكربوئدرات يؤخر عملية تكوين الحيوانات المنوية ويقلل عدد وحيوية الحيوانات المنوية المتكونة وضعف خصوبة الاناث والذكور . والاحماض الدهنية غير المشبعة هامة للتناسل ونقصها ينجم عنه عدة مشاكل تناسلية مثل نقص الرغبة الجنسية فى الذكور وامتصاص الاجنة والاجهاض فى الاناث .

وبعض العناصر المعدنية هامة للتناسل ومنها الفسفور . والكمية اللازمة منه للبقرة جيدة التناسل تتراوح بين ١٠ – ١٢ جم / يوميا . ورغم اهمية الكالسيوم لعملية التناسل ، الا أن نسبة الكالسيوم للفسفور بالعليقة لها أهمية . فهى يجب أن تكون ١:١ أو ١:٢ لحدوث اقصى كفاءة تناسلية . ولليود أيضا أهمية فى عملية التناسل وذلك لأنه يدخل فى تركيب هرمون الثيروكسين ونقصه يؤدى لخفض معدل الميتابلزم وبالتالى يحدث نقص الرغبة الجنسية للذكور وانتاج سائل منوى ذو صفات غير جيدة .

ونقص الفيتامينات فى غذاء الحيوانات بسبب مشاكل تناسلية . فنقص فيتامين أ (A) يسبب تقرن الغشاء المخاطى وهو ما يجعل بيئة الرحم غير ملائمة لحركة الحيوانات المنوية ولا لمعيشة الجنين . كما أن نقصه بالعجول يسبب اضمحلال الطلائية الجرثومية وتعثر تكوين الجاميطات فى كلا الجنسين . نقص فيتامين ى (E) يسبب ضعف تناسل الاناث والذكور . فيتامين ك (K) هام خلال عملية نمو الجنين وبعد الولادة حيث يضمن اكتمال تمثيل الكالسيوم والفوسفور . فيتامينات بى (B) ود (D) يبدوا ان الحيوانات تخلق ما يلزمها منها وبذلك فليس هناك ما يشير لحدوث اعراض نقصها على عملية التناسل خاصة فى حيوانات المناطق الحارة .

٥ – الأسباب النفسية Psychological : ثبت تأثيرها على التناسل خاصة فى الحيوانات العصبية أو الخجولة . وهذا يرجع لنقص الخبرة فى الحيوانات الصغيرة أو للألم الحادث عند المحاولات الأولى للتلقيح .

٦ - الأسباب المرضية Pathological : وهذه مثل :

(أ) الاجهاض المعدى (البروسيلا Brucellosis) (مرض بانج Bang's disease) وسببه العدوى بميكروب Brucella abortus الموجود برحم الاناث الحامل وأحياناً فى الضرع والخصية . وهذا المرض مسؤل عن ٨٥٪ من حالات اجهاض الابقار وذلك عند ٥ - ٨ اشهر من الحمل . وينتشر نتيجة لتلوث الغذاء والماء واللبن . وتبلغ نسبة فشل التناسل المؤقت أو الدائم فى الحيوانات التى تعدى بالمرض نحو ٢٥ - ٣٠٪.

(ب) التريكوموناسز Trichomoniasis وسببه بروتوزوا تنتقل عند استخدام آلات أو سائل منوى ملوث . ويغذوا الميكروب الرحم مسببا موت الجنين خلال ٣ - ٥ أسابيع من الحمل .

(جـ) مرض الفيبرو Vibrosis يسببه بكتريا تحدث الاجهاض عند بداية الحمل (٤ - ٧ اشهر فى الماشية) نتيجة أدوات ملوثة .

(د) مرض اللبتوسبيروزس Leptospirosis يحدث الاجهاض فى مرحلة متأخرة من الحمل وهو يسبب الصفراء والتهاب الضرع وربما الموت ويمكن ان ينتقل للانسان .

(هـ) امراض غير محددة Non-specific فقد يصاب الجهاز التناسلى بعدة ميكروبات تسبب عدم قيامه بوظيفته فيمتنع انغرس الجنين بالرحم أو الاجهاض . كما ان الافرازات الناجمة عن التهابات الرحم تجعله بيئة غير صالحة للاستقبال الاجنة .

٧ - الاسباب الوراثية Genetical : بعض أنواع العقم ترجع لعوامل وراثية خاصة بالعقم أو عوامل مميتة أو شبه مميتة أو وجود تنافر بين الخلايا التناسلية أو للتهجين بين الأنواع . فمثلا وجود عوامل مميتة فى حالة الانثى التوأمية الشاذة Free martin - تمنع التناسل . وكذلك وجود عدد مختلف من الكروموسومات كحالة تلقيح الحصان والحمارة وولادة بغل عقيم .

ضعف التناسل من العوامل المتنحية ولذلك يجب تجديد دم القطيع والبعد عن تربية الأقارب مما يؤدى لعدم ظهور آثار العوامل المسببة لضعف التناسل .

٨ - الأسباب العامة Miscellaneous : هناك عدد من الأسباب مثل العمل وموسم السنة والحرارة والضوء تؤثر على عملية التناسل من خلال تأثيرها على الجهاز

العصبى الهرمونى . فمثلا خصوبة الاناث تزيد بزيادة العمر حتى عمر ٤ - ٦ سنوات ثم تقل تدريجيا اما فى الذكور فتصل للاقصاها عند عمر سنتين . كما ان الكفاءة التناسلية تزيد فى الربيع والخريف عن الصيف والشتاء وهذا يعزى غالبا لتأثير الحرارة المرتفعة على قدرة الخصية على تخليق الحيوانات المنوية واحداث اضطراب للدورة التناسلية فى الاناث . وللضوء تأثير على التناسل حيث ان معدل الخصوبة يرتبط ايجابياً مع طول فترة الضوء فالنعاج تبدأ دورتها التناسلية عند تعرضها لضوء صناعى فى حين ان الظلام يثبط الشياع .

الفصل الثالث عشر

التلقيح الصناعى

Artifical Insemination

التلقيح الصناعى هو العملية التى يمكن بها الحصول على السائل المنوى بطريقة آلية ثم تخفيفه وحفظه مبرداً (على نحو ٥° م) أو مجمداً (على نحو ٧٩° م أو – ١٩٥° م) لحين وضعه فى ارحام الاناث حال شياعها فيحدث الاخصاب .

ولقد ظهرت فكرة التلقيح الصناعى منذ زمن بعيد ، حيث ذكر عن المصريين القدماء والعرب استخدامهم لقطع الصوف أو القطن المشبعة بالسائل المنوى فى تلقيح الافراس . وفى العصر الحديث كان للعالم الايطالى سبالنزانى Spallanzani عام ١٧٨٠ سبق التفكير فى احداث الحمل فى الحيوانات الاهلية بأخذ السائل المنوى فى رحم الحيوانات عند شياعها . ثم بدأ العالم الروسى ايفانوف Ivanov عام ١٨٩٩ فى استعمال التلقيح الصناعى مع الأفراس, وامكنه ان يدفع الحيوانات المنوية وهى معلقة فى بيئة صناعية الى ارحام الاناث حال شياعها وحملت تلك الاناث . ولم يستعمل التلقيح الصناعى فى الابقار الا بعد عام ١٩٣٠ م عندما امكن تطبيق اختبارات النسل بشكل واسع فى الولايات المتحدة وروسيا والدنمرك ومنها لجميع انحاء العالم .

مزايا التلقيح الصناعى

استخدام التلقيح الصناعى له فوائد عديدة يمكن تلخيصها فى النقاط الآتية :

١ – زيادة الاستفادة من الطلائق الممتازة لاقصى درجة ، وهذا يجعل الطلائق ذات الكفاءة الوراثية العالية فى انتاج اللحم واللبن متوفرة للمربين حيث يمكن للطلوقة ان يلقح عدداً كبيراً من الاناث . ففى التلقيح الطبيعى يستعمل الذكر لتلقيح نحو ٥٠ – ٦٠ بقرة فى العام فى حين يصل هذا العدد الى اكثر من ١٠٠٠٠ بقرة فى العام عند استخدام التلقيح الصناعى .

٢ – الاستغناء عن تربية طلوقة خاصة لدى كل مربى وبالتالى توفير تكاليف رعاية الطلوقة وكذلك المساعدة فى تنظيم برامج التربية وتقصير الفترة بين الولادات .

٣ – يوفر على المربى البحث عن طلائق ممتازة كل فترة لتجنب التربية الداخلية .

٤ – يفيد فى عملية خلط الحيوانات وبالتالى الحصول على قوة الهجين وذلك بنقل السائل المنوى بين البلاد المختلفة .

٥ – الاقلال من نشر الامراض اذا اجرى التلقيح الصناعى تحت ظروف صحية وبواسطة خبير مدرب .

٦ – التغلب على الفوارق الطبيعية بين الذكر والانثى وبين السلالات المختلفة .

٧ – زيادة معدل الخصوبة بزيادة نسبة الحمل حيث ان الخصوبة فى التلقيح الطبيعى تكون نحو ٤٣٪ بينما فى التلقيح الصناعى ٧١٪ .

٨ – الاستفادة من الطلائق كبيرة السن والزائدة الوزن والتى قد لا تستطيع الوثب .

٩ – المساعدة فى حفظ السجلات وخاصة سجلات التلقيح والنسب .

١٠ – توفير مقادير من اللحوم نتيجة التخلص من فائض الطلائق المستعملة فى التلقيح الطبيعى .

عيـوب التلقيـح الصناعى

اظهر استخدام التلقيح الصناعى على نطاق واسع بعض العيوب رغماً عن مزاياه العديدة وأهم عيوبه :

١ – عدم الاعتناء باختيار الطلوقة المستعمل فى التلقيح يشكل خطورة لنشر صفات يصعب تداركها .

٢ – الاهمال فى اجراء عملية التلقيح وخاصة استخدام أدوات غير معقمة يعرض الابقار لعدة أمراض كالتهاب المهبل وعنق الرحم وكذلك قد ينشر العدوى ببعض الأمراض من الماشية المصابة الى السليمة المخالطة .

٣ – قلة عدد الطلائق المستعملة يدفع المربى للتلقيح من منى الطلائق المتوافرة والذى قد لا يكون هو المطلوب لبرنامج التربية موضع اهتمام المربى .

٤ – اعباء مراقبة الشياع وترقب حدوثه وتكاليف الاتصالات مع مركز التلقيح الصناعى قد تشكل عبئاً على المربى .

٥ – حجز الحيوانات فى الحظائر استعداداً للتلقيح قد ينجم عنه انخفاض انتاج اللبن .

مكونات السائل المنوى Components of Semen

يتكون السائل المنوى من حيوانات منوية Spermatozoa معلقة فى وسط سائل يسمى البلازما المنوية Seminal plasma وتبلغ النسبة بينهما نحو ١٠ : ٩٠ . حجم السائل المنوى وتركيز الحيوانات المنوية به يختلف كثيراً بين أنواع الحيوانات (جدول ١٢ - ١) وحسب الظروف البيئية .

١ - الحيوانات المنوية :

فى معظم انواع الحيوانات بما فيها الانسان يكون شكل الحيوان المنوى مغزلى Filiform نظراً لوجود نهاية زيلية طويلة . ويتكون الحيوان المنوى من ثلاث مناطق هى الرأس Head ، القطعة الوسطى Midpiece والزيل Tail (شكل ١٣ - ١) . ويبلغ طول الحيوان المنوى للثيران نحو ٦٨ ± ٣ ميكرون . ومن هذا الطول تكون الرأس ٨ - ١٠ ميكرون ، والعنق ١ ميكرون ، القطعة الوسطى ٨ - ١٠ ميكرون والزيل ٥٠ ميكرون . وعادة ما توجد اختلافات فى الشكل والحجم والتركيب للحيوانات المنوية حتى بين الأنواع القريبة وكذلك قد توجد فى السائل المنوى لنفس الحيوان بعض الاشكال غير الطبيعية لحيوانات منوية مشوهة (شكل ١٣ - ٥) والتى قد تبلغ نسبتها فى السائل المنوى للانسان العادى نحو ٢٠٪ ومثلها تقريباً فى الثيران والخيول ولكن تقل النسبة في الأغنام .

رأس الحيوان المنوى غالباً ما يكون شكلها بيضاوى فى الثيران ، الكباش ، الأرانب والخنازير وتكون اسطوانية فى الديوك فى حين تكون مشابهة للهلب فى الفئران وتكون معظم مساحة الرأس مشغولة بالنواه الممتلئة بالكروماتين الذى يتكون اساساً من الحامض النووى DNA المرتبط بالبروتين . الجزء الامامى من النواه يغطى بتركيب يشبه القلنسوه يسمى الاكروسوم Acrosome ينفصل من الحيوان المنوى عند التحامه مع البويضة .

الجزء الضيق الذى يربط رأس الحيوان المنوى بقطعته المتوسطة يعرف بالعنق Neck-Piece ويعتبر أكثر أجزاء الحيوان المنوى حساسية وقابلية للكسر . وفى العنق وقريبا من قاعدة النواه يقع السنتروسوم Centrosome الذى يميز بدأ الخيوط المحورية Axial filaments . وتتكون هذه الخيوط من ٢٠ خيط ترى بالطول خلال كل طول القطعة الوسطى والزيل . وترتب الخيوط فى حلقتين كل منهما تحتوى ٩ خيوط ، ويوجد خيطان مركزيان يقعان داخل الحلقة الداخلية . هذه الخيوط هى المسئولة عن حركة الحيوان المنوى .

القطعة الوسطى يبلغ طولها نحو طول الرأس وقطرها تسع قطره وفيها تحاط الخيوط المحورية بحلزون يسمى الجسم اللولبى Spiral body أو الغشاء الميتوكوندرى Mitochondrial sheath الذى يمد الحيوان المنوى بالطاقة الحيوية اللازمة لحياته وحركته . الانقباض الذى بين القطعةالوسطى والزيل يميز بوجود الجسم المركزى الحلقى Ring centriole .

الزيل طويل رفيع توجد فيه الخيوط المحورية محاطة بغشاء رقيق ماعدا الجزء النهائى الذى طوله نحو ٣ ميكرون فيكون عبارة عن حزمة الخيوط بدون غشاء .

٢ - البلازما المنوية :

البلازما المنوية عبارة عن خليط السوائل المفرزة من عدة أعضاء أو غدد هى البربخ ، الوعائل الناقل ، الامبولا ، البروستاتا ، الحويصلات المنوية وغدة كوبر وكذلك الغدد الأخرى الموجودة بجدار القناة البولية التناسلية .

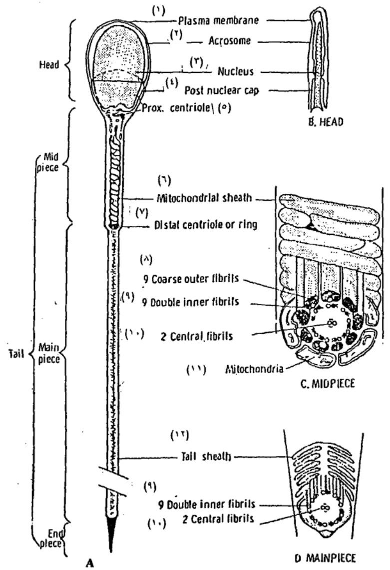
افرازات البروستاتا عديمة اللون حامضية التفاعل (قيمة رقم الحموضة ٦,٥) وتحتوى عديداً من الانزيمات المحللة مائياً . كما وجد بسائل بروستاتا الانسان مادة محللة للفيبرين Fibrinolysin كما ان افرازات البروستاتا تعتبر المصدر الرئيسى لحمض الستريك والكالسيوم والفوسفات وتحوى تركيز عالى من الزنك .

افرازات الحويصلات المنوية تساهم بجزء وافر من البلازما المنوية . ومقارنة بافرازات البروستاتا تكون افرازات الحويصلات المنوية اقل حامضية والمواد الصلبة بها عالية وتحوى نسبة اعلى من بيكربونات البوتاسيوم والفوسفات الذائبة فى الأحماض والبروتين . كما انها المصدر الرئيسى للفركتوز . وتعتبر القدرة الاختزالية لافرازات الحويصلة من أهم صفاتها الكَيماوية ويميل لونها الى الاصفرار لوجود صبغة الفلافين .

جمع السـائل المنـوى Collection of semen

يجمع السائل المنوى بعدة طرق . ففى الماضى كان يوضع فى مهبل الانثى قطعة من الصوف أو الاسفنج وبعد السماح للطلوقة بالوثب يسحب السائل المنوى من القطنة أو الاسفنجة . وتلى ذلك استخدام اكياس المطاط التى توضع فى المهبل حيث يقذف فيها الطلوقة . ولقد امكن للعالم الايطالى امانتيا Amantea عام ١٩١٤ ابتكار المهبل الصناعى

لجمع السائل المنوى من الكلاب والذى طور بعد ذلك لجمع السائل المنوى من الثيران والكباش . وحالياً تستعمل ثلاثة طرق لجمع السائل المنوى هى المهبل الصناعى Artifical vagina ، الجمع الكهربائى Electro ejaculation وطريقة التدليك Massage method . واستعمال اى من هذه الطرق يعتمد على نوع وحالة الحيوان .



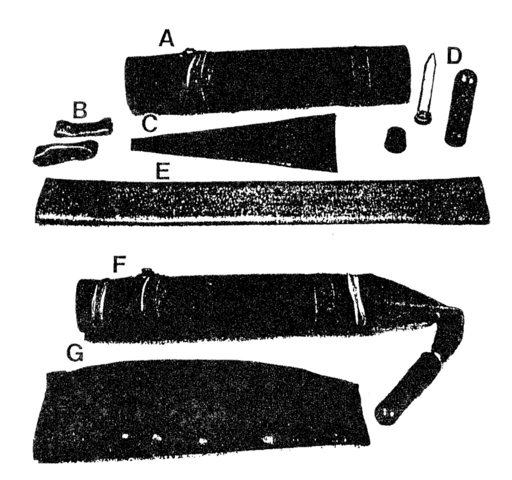
شكل ١٣ - ١ : تركيب الحيوان المنوى لطلائق الماشية .
A - الحيوان المنوى كامل ، B - منظر جانبى لرأس الحيوان
C - القطعة الوسطى ، D - القطعة الرنيسية للزيل . (عن بانرجى)

(١) الغشاء البلازمى (٢) الاكروسوم (٣) النواه (٤) الغطاء بعد النواه (٥) السنتريول القريب (٦) الغلاف الميتوكوندرى (٧) السنتريول البعيد (٨) تسعة ليفات خشنة خارجية (٩) تسعة ليفات مذدوجة داخلة (١٠) ليفتين مركزيتين (١١) ميتوكوندريا (١٢) غلاف الزيل

(أ) طريقة المهبل الصناعى

تعتبر من أفضل وأكثر طرق جمع السائل المنوى انتشاراً . وهناك عدة أنواع من المهابل الصناعية للأنواع الحيوانات المختلفة وكلها ذات ظروف مشابهة للمهبل الطبيعي . المهبل المستعمل للماشية (شكل ١٣ - ٢) يتركب من :

١ - أنبوبة خارجية من المطاط القوى مفتوحة الطرفين .
٢ - أنبوبة داخلية من المطاط الرقيق .
٣ - قمع مخروطى يستقبل السائل المنوى .
٤ - أنبوبة مدرجة لجمع السائل المنوى .



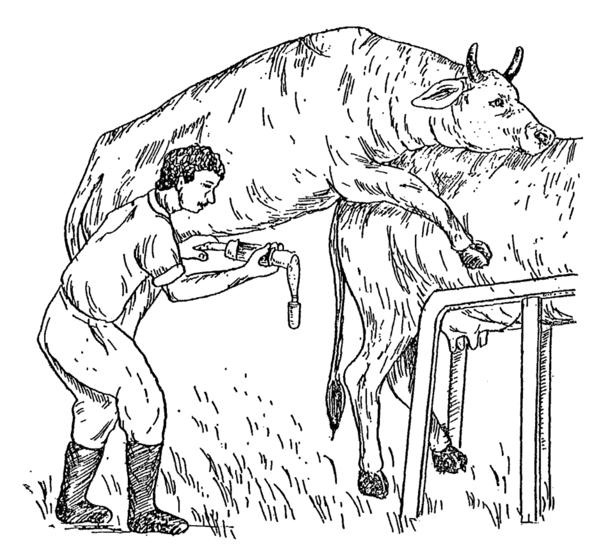
شكل ١٣ - ٢ : المهبل الصناعى المستعمل للماشية . A - استطوانة مطاطية خارجية ، B - أحزمة مطاطية تستعمل لتثبيت أنبوبة المطاط الرقيقة الداخلية (E) والقمع المطاطى (C) بالاسطوانة المطاطية . أنبوبة جمع السائل المنوى وغطائها العازل (D) . المهبل الصناعى مجمع (F) وغطاءه العازل (G) . (عن ماكدونالد وبينيدا)

حجم المهبل مختلف ولكن طوله يجب ان يكون كافياً للسماح بالقذف عند فوهة أنبوبة الجمع مما يقلل من فقد الحيوانات المنوية التى تبقى على قمع الجمع وكذلك لمنع حدوث ضرر للقضيب نتيجة دخوله فى أنبوبة الجمع . وعموماً فان طلائق الماشية العادية تحتاج لمهبل اسطوانته الخارجية طولها ٤٠ سم وقطرها ٦,٤ سم فى حين ان الطلائق الصغيرة يلزمها مهبل طوله ٣٠ – ٣٥ سم وقطره ٥,١ – ٥,٧ سم . أما المهبل اللازم لجمع السائل المنوى من الأغنام والماعز فيكون طوله ٤٠ سم وقطره ٥ سم . وللخيل تستعمل نماذج من قطعة واحدة طولها نحو ٩١,٥ – سم ١٢٢ سم وقطرها ١٨ – ٢٠ سم .

وقبل الجمع تنظف اجزاء المهبل الصناعى وتعقم وتوضع أنبوبة المطاط الرقيقة داخل الاسطوانة الخارجية بحيث يثنى طرفى الانبوبة الداخلية على حافتى الاسطوانة الخارجية بحيث يتكون بين الاثنين تجويف يملىء بماء حرارته ٤٠ – ٤٥° م . القمع المخروطى المتصل بأنبوبة الجمع يثبت بأحد طرفى الجهاز ، المهبل الحديث مزود بفتحة لخروج الهواء من فتحة خروج الماء حتى يسمح بحركة الهواء بين الأنبوبتين مما يساعد على ضبط الضغط المطلوب . ويدهن باطن الجهاز ببرافين سائل معقم . ويجب وقاية أنبوبة الجمع من اشعة الشمس بتغطيتها بغطاء اسود وكذلك حماية الحيوانات المنوية من صدمة البرد بواسطة توفير وسيلة لتدفأة قمع وأنبوبة الجمع .

وعادة ما تثار الطلوقة جنسيا قبل جمع السائل المنوى بتقريبه ودورانه والسماح له بشم البقرة أو الدمية الموجودة بجهاز الوثب . وعند الوثب يمسك المهبل الصناعى فى يد القائم بعملية الجمع بزاوية ٥٥° مع مستوى البقرة ، وهذا لأن قضيب الثور يدخل مهبل البقرة على هذه الزاوية . وعندما يعتلى الطلوقة البقرة ويخرج قضيبه يسرع بتوجيه المهبل ناحية القضيب الذى يوجه بمساعدة اليد الأخرى (شكل ١٣ – ٣) . ويجب الحذر من لمس الجزء العارى من القضيب لان هذا ينبه القذف السريع . وبعد أن يدفع الطلوقة قذفته يزال المهبل خارج القضيب ويحفظ رأسياً مما يسمح بتجمع القذفة فى الأنبوبة المدرجة التى تنزع بعد ذلك من القمع المخروطى لتفحص .

هذه الطريقة تفيد فى الحصول على قذفات كاملة فى الظروف الطبيعية . وتكون القذفات خالية من الشوائب الخارجية . وتوفير ظروف التعقيم تجعل من الممكن السيطرة على انتشار الأمراض كما أن حيوية الحيوانات المنوية تكون افضل ما يمكن . ويمكن الاستفادة من الدمى فى عملية الجمع بدلا من



شكل ١٣ – ٣ : جمع السائل المنوى من ثيران الماشية بمساعدة المهبل الصناعى (عن بانرجى)

الاناث . غير أنه فى بعض الحالات قد ترفض الطلائق القذف فى المهبل **الصناعى ، كما أن هذه الطريقة يلزمها بعض الأدوات التى قد تكون مكلفة مادياً .**

(ب) طريقة التنبيه الكهربائى

ابتكرها العالم الايطالى باتلى Batelli عام ١٩٢٢ لجمع السائل المنوى من خنازير غينيا ثم طورها العالم الاسترالى جين Gunn عام ١٩٣٦ لجمع السائل المنوى من الكباش.وتتلخص الطريقة فى ادخال الكترود أو قطب جهاز كهربائى

من المستقيم والقطب الآخر في المنطقة القطنية من العمود الفقرى . ويمرر تيار كهربائى متزايد الشدة وعلى فترات فيتنبه العصب المغذى للجهاز التناسلى وينزل السائل المنوى فى قطرات .

الأجهزة الحديثة المستخدمة تتكون من مصدر للتيار الكهربائى المتردد متصل بمحول لخفض التيار الكهربائى تترواح شدته بين صفر - ٤٠ فولت حسب الرغبة . ويتصل هذا بقطب واحد مزود بالكترودين يدخل فى المستقيم ويقوم بتنبه الغدد الحويصلة ، الامبولا ، الغدد الجنسية الثانوية والقضيب . الطريقة المتبعة لجمع السائل المنوى من الثيران تتلخص فى :

١ - يغسل المستقيم بمحلول ٦٪ كلوريد صوديوم .
٢ - يدخل قطب جهاز التنبيه لمسافة ٣٠ سم ويوضع على الجدار السفلى للمستقيم .
٣ - يمرر التيار الكهربائى المتردد وتزاد شدته تدريجياً من صفر الى ٥ فولت ثم يرجع للصفر مرة أخرى . ويكرر هذا عدة مرات بينها ٥ - ١٠ ثوانى .
٤ - التنبيه التالى يزداد شدته تدريجياً بمقدار ٥ - ١٠ فولت ويكرر نحو خمسة مرات عند كل مستوى . ويحدث الانتصاب والقذف عندما تصل شدة التيار الى نحو ١٠ - ١٥ فولت بعد أن يمر تيار قدره نصف - ١ أمبير . والكمية الرئيسية من القذفة المحتوية على اكبر عدد من الحيوانات المنوية يتحصل عليها فيما بين فترة التنبيه الرابعة الى الثالثة عشرة .

هذه الطريقة رغم مميزاتها العديدة فى الحصول على سائل منوى اقل تلوث ومن طلائق كبيرة أو صغيرة السن وغير قادرة على التلقيح وعدم ضرورة وجود بقرة أو دمية للجمع أو عند الرغبة فى الحصول على عينات سائل منوى من عدد كبير من الطلائق المراد اختبارها لاغراض التربية ، فان لها عيوباً منها ضرورة توافر التدريب والخبرة للشخص القائم بعملية الجمع ، السائل المنوى قد يتلوث ببول الحيوان ، ورفض بعض الطلائق الجمع بهذه الوسيلة .

(جـ) طريقة التدليك

تتلخص فى تدليك الحويصلات المنوية والامبولا باليد لمدة خمسة دقائق . وهى غالبا ما تستعمل مع الديوك والكلاب ، حيث أن استعمالها مع الثيران يصاحبه غالباً تلوث السائل المنوى بالبول أو قلة عدد الحيوانات المنوية بالسائل المنوى أو اختلال نسبة افرازات الغدد المختلفة .

ولجمع السائل المنوى من الديوك التى يقع عضو التلقيح فيها بالجدار البطنى للمجمع Cloaca يتم تدليك خفيف هادىء لجوانب البطن باليد اليمنى حتى يظهر عضو التلقيح من فتحة المجمع ، ويظل ظاهراً ما دامت الانقباضات العضلية مستمرة بفعل التدليك . بعد ذلك تعصر الانتفاخات المنوية ويتلقى منها السائل المنوى فى قمع مركب على أنبوبة مدهونة بالبرافين (شكل ١٣ - ٤) . وباستمرار التدليك والعصر يمكن الحصول على ١,٠ - ٣,٠ سم من السائل المنوى .



شكل ١٣ - ٤ : جمع السائل المنوى من الديوك بطريقة التدليك (عن بانرجى)

فحص السائل المنوى Examination and evaluation of semen

تتطلب عملية التلقيح الصناعى فحص السائل المنوى للطلائق وتقدير حيويته ما بين وقت وآخر وفى فصول السنة المختلفة . وهذا يساعد فى الحكم على الطلائق واختيار الممتاز منها فى انتاج قذفات جيدة . وتتضمن اختبارات تقييم السائل المنوى عمل اختبارات مظهرية أو طبيعية ، ميكروسكوبية وبكتريولوجية .

(أ) الاختبارات الطبيعية Physical tests : وتشمل الحجم واللون ودرجة الشفافية والضغط الاسموزى والوزن النوعى والتوصل الكهربائى .

١ - الحجم : ويقدر مباشرة بواسطة انبوبة مدرجة أو ماصة ويبلغ متوسط حجم القذفة ٥ - ٨ سم فى الثيران ، ٢ - ٤ سم فى فحول الجاموس ، ١ سم فى الكباش ، ٥, سم فى الديك ١٠٠ سم فى الحصان و ٢٠٠ سم فى الخنذير .

٢ - اللون يلاحظ لون السائل المنوى بعد جمعه مباشرة فيكون لونه معتما فى بياض وضاربا للذرقة الخفيفة فى الجاموس والاصفرار الخفيف فى الثيران . زيادة اصفرار اللون تعنى تلوث السائل المنوى بالبول أو الصديد فى حين أن اللون الاحمر يعنى تلوثه بالدم .

٣ - درجة القوام والشفافية كلما كان السائل المنوى معكراً دل ذلك على ارتفاع تركيز الحيوانات المنوية فى حين ان السائل المنوى المائى الرائق يدل على انخفاض التركيز .

٤ - الضغط الاسموزى : ويقدر فى صورة الانخفاض فى درجة التجمد وغالباً ما يكون متوسط قيم الثيران نحو ٥٤, - ٧٣, ، والخراف ٥٥, - ٧٠, وفى الحصان ٥٥, - ٧٠,°م . تغيرات الضغط الاسموزى غالبا ما ترجع الى تغير حالة الالكتروليات بالبلازما المنوية أكثر عن الحيوانات المنوية .

٥ - الوزن النوعى : متوسط الوزن النوعى للسائل المنوى يكون ١,٠٢٨ للانسان ، ١,٠٣٥ للثيران و ١,٠١١ للكلاب. والوزن النوعى للبلازما اقل عن الحيوانات المنوية التى تتراوح فى الثيران بين ١,٢٤ - ١,٣٤ ، ولذلك فان تغير الوزن النوعى للسائل المنوى غالبا ما يرجع لتغير تركيز الحيوانات المنوية .

٦ - التوصيل الكهربائى : تحمل الحيوانات المنوية شحنات كهربائية صغيرة ومتضادة عند الرأس والزيل . تغير الشحنة غالبا ما يعتمد على مقدار تركيز الحيوانات المنوية والشحنات المختلفة لأيونات البيئة المحيطة . ويقدر

التوصيل الكهربائى للسائل المنوى عند درجة حرارة ٢٥° م ويعبر عنه بالأوم × ١٠-٤ ويكون متوسطة نحو ٨٩,٥ - ١١٦,٣ فى الثيران، ٤٨,٥ فى الكباش و ١١١,٣ - ١٢٩,٥ فى الحصان .

(ب) الاختبارات الميكروسكوبية Microscopic tests

وتشمل عدد وحركة الحيوانات المنوية ، عدد الحيوانات الحية والميتة والتغيرات المظهرية فى الحيوانات المنوية .

١ - عدد الحيوانات المنوية : يقدر عدد الحيوانات المنوية باستخدام شريحة عد الدم Haemocytometer . هذه الشريحة تقسم الى حجرات عد تحتوى على ١٦ مربع كبير مقسمة الى ٢٥٦ مربع صغير مساحة المربع الصغير ١/٤٠٠ سم٢ ، وارتفاع الغطاء الزجاجى عند الشريحة يكون ١/١٠ سم وبذلك فان حجم كل مربع صغير تكون ١/٤٠٠٠ سم٣ . ويخفف السائل المنوى باستعمال محلول فسيولوجى (سترات صوديوم ٢,٩٪) كالاتى :

(أ) ,١ مل من السائل المنوى يضاف الى ٩,٩ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١ : ١٠٠

١ مل من المحلول أ يضاف الى ٩ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١ : ١٠٠٠

,٢ مل من المحلول أ يضاف الى ٩,٨ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١ : ٥٠٠٠

,١ مل من المحلول أ ياضف الى ٩,٩ مل من المخفف ليعطى تخفيف ١ : ١٠٠٠٠

ومن المفضل اضافة محلول تلوين كصبغة الايوسين ليضفى لونا للحيوانات المنوية حتى يمكن مشاهدتها جيدا تحت الميكروسكوب ويحسب عدد الحيوانات المنوية من المعادلة :

$$\text{عدد الحيوانات المنوية / ١ مل} = \frac{\text{عدد الحيوانات المنوية} \times ٤٠٠٠ \times \text{معامل التخفيف} \times ١٠٠٠}{\text{عدد المربعات التى عدت}}$$

٢ - حركة الحيوانات المنوية : وتقدر بأخذ نقطة من السائل المنوى بعد جمعه مباشرة وتوضع على شريحة زجاجية عادية أو على شريحة بلوم Blom التى تحتوى ثلاثة حلقات داخل بعضها متدرجة العمق . وتغطى الشريحة وتدفأ لحرارة الجسم وتفحص ميكروسكوبيا .

تقارن حركة دوامات السائل المنوى وحركة الحيوانات المنوية المفردة وتعطى قيم كالاتى :

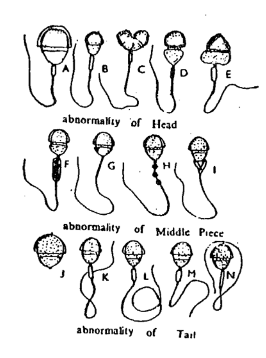
صفر = حركة معدومة .
١ = اقل من ٢٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية .
٢ = ٢٠ - ٤٠ / من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية ولكن لا توجد موجات حركة .
٣ = ٢٠ - ٦٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية وموجات الحركة ضعيفة .
٤ = ٦٠ - ٨٠٪ من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمية وموجات الحركة متوسطة .
٥ = ٨٠ - ١٠٠٪من الحيوانات المنوية تتحرك حركة تقدمة وموجات الحركة سريعة .

وكقاعدة عامة فان السائل المنوى الذى يحصل على درجة ٤ فما فوق يصلح للتلقيح الصناعى . وحركات الحيوان المنوى قد تكون سريعة أو تقدمية Progressive ، دائرية Rotary أو تقلصية Oscillatory .

٣ - عدد الحيوانات الحية والميتة : وتقدر بأخذ نقطة من السائل المنوى وتخلط مع محلول ايوسين مائى (٥٪) ونقطة من صبغة النجروسين (١٠٪) ويفرد فلم من المخلوط على شريحة زجاجية تفحص ميكروسكوبيا . الحيوانات الحية تظهر غير مصبوغة فى حين ان الميتة تصبغ وتحسب النسبة بين الحيوانات الحية والميتة .

٤ - تغير مظهر الحيوانات المنوية : الحيوانات المنوية تكون غير طبيعية اذا حدث تغير فى شكل الرأس أو العنق أو الزيل . وتشمل هذه التغيرات الرأس المكورة أو المتضخمة ، الصغيرة ، المتطاولة الضيقة ، العريضة أو المزدوجة أو المقسومة . وكذلك العنق القصير أو المتضخم وقد يكون الزيل غائباً أو ملفوفاً حول نفسه أو حول الرأس (شكل ١٣ - ٥) .

عدد الحيوانات غير الطبيعية يتأثر بعدة عوامل مثل موسم السنة حيث تزيد نسبة الحيوانات المشوهة فى الثيران الصغيرة صيفاً وفى الثيران كبيرة السن شتاء . وتتأثر نسبة التشوه بفترات الجمع حيث ان طول فترة الراحة بين الجمعات تزيد نسبة الحيوانات المشوهة . وطريقة جمع السائل المنوى تؤثر على عدد الحيوانات غير الطبيعية فتقل نسبة الحيوانات المشوهة عند جمع السائل المنوى بالمهبل الصناعى فى حين تزيد نسبة التشوه عند جمع السائل المنوى بطريقة الاسفنجة المهبلية .



شكل ١٣ - ٥ : الاشكال غير الطبيعية من الحيوانات المنوية .
A - رأس متضخم ، B - رأس صغير ، C - رأس مذدوج ، D - رأس كمثرى ، E - رأس مدرج ، F - عنق متضخم ، G - عنق خيطى ، H - عنق سبحى ، I - عنق مزدوج ، J - زيل غائب ، k-N - زيول منحنية وملفوفة .
(عن بانرجى) .

(جـ) الاختبارات الكيماوية Chemical tests

وهدفها الرئيسى دارسة النشاط الحيوى للحيوانات المنوية وقدرتها التمثيلية للاستخدام الطاقة وبالتالى الكفاءة الاخصابية المتوقعة من هذه الحيوانات . وتشمل هذه الاختبارات تقدير معدل استهلاك الفركتوز Fructolysis ، قياس معدل التنفس Respiration rate اختبار اختزال ازرق المثلين Methylene blue reduction tests وتركيز ايوين الايدروجين (pH) .

١ - اختبار تحلل الفركتوز : بعد أن اكتشف مان Mann عام ١٩٤٨ ان الفركتوز يعتبر المصدر الاساسى للطاقة فى السائل المنوى للثيران والكباش ، استخدم اختبار قدرة السائل المنوى على تحلل الفركتوز لا هوائياً على حرارة ٣٧° م كدليل على حيوية وطول حياة الحيوانات المنوية . ولا يستخدم الفركتوز بالسائل المنوى عديم الحيوانات Azoospermic أو ذو الحيوانات عديمة الحركة Necrospermic ، وعليه فمعدل تحلل الفركتوز يستعمل فى تميز النشاط الطبيعى عن غير الطبيعى .

وتحضين عينات السائل المنوى الطازجة لا هوائياً يكون مصحوباً بنقص تدريجى فى مقدار الفركتوز مع تجمع متزامن لحامض اللاكتيك ، وفى وجود قدر مناسب من محلول منظم فان عملية تمثيل الفركتوز بالحيوانات المنوية تستمر خطياً حتى تستهلك كل كمية الفركتوز . وبتقدير تركيز الفركتوز على فترات ينتج دليل تحلل الفركتوز Index of fructolysis الذى يعادل كمية الفركتوز (مجم) المستعملة بواسطة ١٠-٩ حيوان منوى فى الساعة على درجة حرارة ٣٧° م . وفى السائل المنوى الطبيعى للثيران تتراوح قيم دليل تحلل الفركتوز من ١ - ٢ ، وترتبط جوهرياً مع كلا من تركيز وحيوية الحيوانات المنوية .

٢ - معامل التنفس : اقترح والتون Walton عام ١٩٣٨ قياس استهلاك الاكسجين فى السائل المنوى للثيران كدليل على جودة السائل المنوى ، ففى وجود الاكسجين يقوم السائل المنوى بنشاط تنفسى ملحوظ يرتبط مع تركيز وحركة الحيوانات المنوية . وعادة ما يقدر تنفس الحيوانات المنوية بواسطة جهاز فاربورج Warburg ويعبر عنه بمعامل أدخله رندنز Rendenz عام ١٩٣٣ وأسماه ZO_2 ويعنى كمية الاكسجين (بالميكرولتر μLO_2) المستهلكة بواسطة ١٠^٨ خلية منوية خلال ساعة على درجة حرارة ٣٧° م . متوسط قيمة هذا المعامل ZO_2 تكون ٢١ فى السائل المنوى للثيران ، ٢٢ للخراف ، ١١ للأرانب و ٧ للديوك . ونظراً لصعوبة تقدير التنفس بهذه الطريقة فعادة ما تستعمل طرق اخرى مثل وقت اختزال ازرق المثيلين أو الريزازورين .

٣ - اختبار اختزال ازرق المثيلين : محلول ازرق المثيلين يكون لونه ازرق اثناء تعرضه للهواء وعندما يختزل باضافة زرات الايدروجين يصبح ابيض اللون . الزمن الذى يتم خلاله اختزال اللون يتخذ دليلا على عدد الحيوانات وعلى معدل نشاطها الحيوى . ويجرى الاختبار بخلط ٠,٢ سم من السائل المنوى مع ٠,٥ سم٢ من مخفف السترات والبيض ثم يضاف لهذا ٠,١ سم٢ من محلول ازرق المثيلين (٥٠ مجم / ١٠٠ مل مخفف سترات). بعد ذلك يوضع الخليط فى حمام مائى على درجة ٣٨° م ويقدر الوقت اللازم للاختزال اللون . ولقد وجد أن السائل المنوى الجيد يختزل لون الصبغة فى خلال ٣ - ٦ دقائق وزيادة وقت الاختزال تدل على سوء السائل المنوى .

٤ - تقدير تركيز ايون الايدروجين : تفاعل السائل المنوى الطازج يميل أولا للتعادل أو القلوية الضعيفة ، ومع استمرار الوقت تقوم الحيوانات المنوية بتمثيل الفركتوز

وتنتج حامض لاكتيك فتزداد الحموضة وينخفض الرقم الايدروجينى (pH) من التعادل للحموضة . وعادة ما يتراوح الرقم الايدروجينى بين ٦,٨ - ٦,٩ . زيادة رقم الحموضة فى الاتجاه القلوى عادة ما تشير الى زيادة نسبة البلازما المنوية وقلة الحيوانات المنوية وبالتالى انخفاض خصوبة السائل المنوى .

(د) الاختبارات البكترويولوجية Bacteriological tests

جمع السائل المنوى تحت ظروف لا يتوافر فيها شروط النظافة والتعقيم يؤدى لتلوث السائل المنوى بالميكروبات . وحتى مع توافر جميع الظروف المثالية ، فان بعض أنواع البكتريا توجد دائما فى السائل المنوى للثيران المجموع بطريقة المهبل الصناعى ويبلغ عددها نحو ١٠٠ - ٩٥٠,٠٠٠ كائن / مل . وأهم أنواع البكتريا الموجودة هي Dephtheroids ويليها Staphylococci التى توجد بكثرة . وقد يوجد احياناً بعض الأنواع مثل Pseudomonas والـ Coliform والنوع الأخير قد يسبب تجمع الحيوانات المنوية .

تخفيف السائل المنوى Dilution of semen

رغم ان حجم القذفة الواحدة يكفى لتلقيح اكثر من بقرة (جدول ١٣ - ١) ، فان اكتشاف المخففات ساعد فى تلقيح عدد كبير من الاناث يصل لعدة مئات من الابقار بقدفة واحدة وكذلك ساعد فى حفظ قدرة الحيوانات المنوية على الاخصاب . والمخفف المناسب يجب ان يكون له الصفات التالية :

١ - ان يحتوى على الغناصر الغذائية (كمصدر الطاقة) والعناصر المعدنية اللازمة للحيوانات المنوية .

٢ - ان يوفر القدرة التنظيمية الكفيلة بمعادلة النواتج السامة لعملية التمثيل .

٣ - ان يوفر مصدر للمواد المختزلة اللازمة لحماية الانزيمات الخلوية المحتوية على مجموعة السلفا هيدرال .

٤ - يحمى الحيوانات المنوية من ضرر التبريد السريع وذلك باحتواءه على الليبيدات البروتينية و / أو اللسيسين .

٥ - يثبط نمو البكتريا باحتواءه على المضادات الحيوية .

٦ - ان يكون قادراً على حفظ الضغط الاسموزى للسائل المنوى خلال فترة التخزين .

٧ - يزيد حجم السائل المنوى الخام بحيث يستعمل فى التلقيحات المتكررة .

جدول ١٣ - ١ : احتياجات عملية التلقيح والظواهر المرتبطة بها فى بعض الحيوانات المزرعية

الصفـــة	الماشـية	الأغنـــام	الخيــل
١ - تكرار جمع السائل المنوى (مرة / اسبوع)	٣ - ٥	٧ - ٢٥	٧ - ١٠*
٢ - متوسط حجم القذفة (مل)	٥ - ٨	١	١٢٥
٣ - تركيز الحيوانات المنوية (مليون / مل)	١٢٠٠	٣٠٠٠	١٢٢
٤ - عدد الحيوانات المنوية بالقذفة (مليون)	٩٦٠٠	٣٠٠٠	١٥,٠٠٠
٥ - الحيوانات المتحركة (٪)	٧٠	٧٥	٧٠
٦ - الحيوانات عادية المظهر (٪)	٨٠	٩٠	٧٠
٧ - المخفف المناسب	صفار البيض - السترات+	صفار البيض جليكوز	جليكور - جيلاتين
٨ - حرارة الحفظ للسائل المنوى العادى (م)	٥	٥	١٥
٩ - معدل التخفيف ++ (مرة)	١٠٥	٩	٢
١٠ - مدة حفظ السائل العادى (يوم)	٤	١ - ٢	١
١١ - الوقت المناسب للتلقيح	وسط أو قرب نهاية الشياع	قرب نهاية الشياع	ثالث يوم من الشياع
١٢ - حجم السائل المنوى اللازم للتلقيح (مل)	١	٠.٢	٢٠ - ٤٠
١٣ - عدد الحيوانات المنوية المتحركة التى تحقن (ملون)			
- سائل مبرد	١٠	٥٠-٦٠	١٥٠٠
- سائل مجمد	١٥	٧٠	١٨٠٠
١٤ - مكان وضع السائل المنوى	بعد نهاية عنق الرحم	عنق الرحم	الرحم
١٥ - عدد الاناث الممكن تلقيحها / قذفة	٨٠٠	٤٠	٧
١٦ - عدد الاناث الممكن تلقيحها / اسبوعيا	٣٢٠٠	٦٠٠	٦٠
١٧ - نسبة الاخصاب من أول تلقيحة (٪ الحمل)	٦٥	٧٠	٦٥

* تترك الحيوانات يوما أو اثنين راحة كل اسبوع

+ الذكور العادية الصحيحة تستعمل مع استخدام طريقة مثالية للجمع

++ يضبط حسب تركيز الحيوانات المنوية - والمعدل المستعمل عادة هو المذكور .

ويمكن حساب حجم المخفف اللازم للسائل المنوى كالاتى :

اذا كان حجم القذفة ٥ مل وتركيز الحيوانات المنوية ١٢٠٠ مليون / مل ونسبة الحيوانات المنوية ذات الحركة التقدمية ٧٠٪ وعدد الحيوانات المنوية الذى يحقن ١٠ مليون فيكون حجم المخفف اللازم :

عدد الحيوانات المنوية المتحركة فى ١ مل = ١٢٠٠ × $\frac{٧٠}{١٠٠}$ = ٨٤٠ مليون

عدد التلقحات الممكنة / مل = ٨٤٠ × $\frac{١}{١٠}$ = ٨٤ تلقيحة

حجم المخفف اللازم للقذفة = ٨٤ × ٥ = ٤٢٠ مل

عدد التلقيحات الممكن الحصول عليها = ٤٢٠ × $\frac{٩٠}{١٠٠}$ = ٣٧٨ تلقيحة

وعلى اساس الاختلافات الفسيولوجية بين الأنواع (جدول ١٣ - ١) ، فان حيواناتها المنوية يلزمها بيئة مختلفة لضمان معيشتها فترة طويلة . ولهذا توجد مخففات مختلفة للانواع الحيوانات المختلفة ومن امثلتها :

(أ) مخففات ثيران الماشية :

١ - مخفف جامعة كورنيل Cornell Univ. Extender (CUE)

ويستعمل لتخفيف السائل المنوى وحفظه مبرداً على درجة ٥° م لأطول فترة ممكنة . ويتركب من المكونات المذكورة فى جدول ١٣ - ٢ . يخلط هذا المحلول مع صفار البيض (٤ محلول : ١ صفار بيض) ويضاف ١٠٠٠ وحدة بنسلين و ١٠٠٠ ميكروجرام ستربتومايسين فى اللتر . ويحضر مخفف صفار البيض - السترات طازج يوميا فى مراكز التلقيح الصناعى .

جدول ١٣ - ٢ : مكونات مخفف جامعة كورنيل

المكون	الكمية (جم / لتر)	المكون	الكمية (جم / لتر)
سترات الصوديوم	١٤,٥	جليسن	٩,٤
بيكربونات الصوديوم	٢,١	سلفانيلاميد	٣
كلوريد بوتاسيوم	٠,٤	حمض ستريك	.٨٧
جلوكوز	٣,٠	ماء مقطر	تذاب فيه المكونات السابقة وتكمل حتى لتر .

٢ - مخفف صفار البيض - الجلوكوز - سترات الصوديوم Egg yolk-Glucose-Sodium citrate diluent (EGYC)

وهو يحضر باضافة ٥٠ جزء من محلول سترات الصوديوم (٢,٩ جم / ١٠٠ مل ماء) الى ٣٠ جزء من محلول الجلوكوز (٥ جم / ١٠٠ مل ماء) . الى المخلوط يضاف ٢٠ جزء صفار بيض ويضاف ١٠٠٠ وحدة بنسلين و ١٠٠٠ ميكروجرام ستربتومايسين الى كل مل من المخفف قبل اضافة السائل المنوى له .

٣ - مخفف اللبن الجليسرول Milk-Glycerol diluent

وهو غالبا ما يستعمل لاغراض حفظ السائل المنوى بالتجميد . ويتم تحضيره بتخفيف السائل المنوى الى نصف التخفيف النهائى المطلوب باستعمال لبن كامل أو

فرز سبق غليه وتبريده وتجنيسه واضافة مضاد حيوى اليه . يبرد السائل المنوى المخفف جزئياً الى درجة حرارة ٥° م خلال فترة ٤ ساعات . يضاف حجم مساوى من اللبن المبرد (٥° م) المحتوى على ٢٠٪ جليسرول نقطة نقطة من خلال قمع فصل وخلال فترة نصف ساعة . يعبأ ويحفظ السائل المنوى المخفف فى انابيب ممتلئة كلية لضمان عدم فساد السائل المنوى نتيجة الرج والاكسجة .

٤ – مخفف جامعة الينوى للحرارة المختلفة The Illini Variable Temperature (IVT) diluent

الدراسات التى اجريت بجامعة الينوى بواسطة العالمين فان دمارك وشارما Van Demark & Sharma عام ١٩٥٧ تمكنت من الوصول لطريقة حفظ السائل المنوى فى مخفف خاص على درجة حرارة الغرفة (١٨ – ٢٦ م) . تركيب هذا المخفف والتعديلات التى ادخلت عليه موضحة فى جدول ١٣ –٣ .وفى هذا الجدول فان مختصر 4G يعنى وجود تركيز للجلوكوز اعلى ٤ مرات من تركيزه فى المخفف الاساسى IVT ، 4B يعنى وجود تركيز للبيكربونات اعلى اربع مرات من تركيزه فى المخفف الاساسى IVT . ويحضر المحلول فى ماء مقطر مع تشبيعه بغاز ك$أ_2$ على درجة حموضة ٦,٢ – ٦,٣ . ويخلط المحلول بصفار البيض بمقدار ١٠ – ١٥٪ قبل تخفيف السائل المنوى . ثم يعبأ السائل المخفف فى امبولات . والسائل المنوى يمكن حفظه بهذه الطريقة على حرارة الغرفة لمدة ٧ أيام ويعطى نسبة خصوبة تتراوح بين ٧٠ – ٨٠٪ .

جدول ١٣ – ٣ : تركيب مخففات الحرارة المتغيرة IVT (جرام / ١٠٠ مل)

المكـــون	الاساس IVT	المخفف IVT 4G-1B	IVT 4G-2B	IVT 4G-3B
بيكربونات الصوديوم	,٢١	,٢١	,٤٢	,٨٣
سترات الصوديوم	٢,–	١,٤٨	١,–	,٠٩
كلوريد البوتاسيوم	,٠٤	,٠٤	,٠٤	,٠٤
جلوكـــوز	٠,٣	١,٢	١,٢	١,٢
سلفانيلاميد	,٣	,٣	,٣	,٣
بنسلين (وحدة / مل)	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠
ستربتومايسين (مكجم / مل)	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠
كتاليـــز	—	,٠١	,٠١	,٠١
صفار البيض (٪)	١٠	١٥	١٥	١٥

(ب) مخففات فحول الجاموس

اتضح من دراسة السائل المنوى الجاموسى ان قدرته الحفظية اضعف من البقرى كما أن النشاط التمثيلى للحيوانات المنوية مقدرا بواسطة استهلاك الاكسجين وتحلل الفركتوز اضعف عن مثيله البقرى . ولقد اقترح تومار وديزاى Tomar & Desai عام ١٩٦١ مخفف يستعمل مع الجاموس يعرف باسم مخفف صفار البيض – الجلوكوز – بيكربونات الصوديوم EYGB تركيبه موضح فى جدول رقم ١٣ – ٤ . ويضاف اليه البنسلين والستربتومايسين كالمعتاد . وبالاضافة لذلك يستعمل مخفف صفار البيض – الجلوكوز – سترات الصوديوم EYGC السابق ذكره والمستعمل مع ثيران الابقار .

جدول ١٣ – ٤ : مخفف البيكربونات المعدل للجاموس

المكـــون	النســـبة (٪)
بيكربونات البوتاسيوم (٢،٪)	١٠
سترات الصوديوم (٣٪)	٣٠
جلوكوز (٥٪)	٣٠
فركتوز (٥٪)	١٠
صفار البيض	٢٠

(جـ) مخففات الاغنام والماعز

تستعمل ثلاثة أنواع من المخففات مع الاغنام والماعز هى كالاتى :

١ – ٢ جزء من حمض بوريك (٢٪) يضاف له جزء من بيكربونات صوديوم (١٪) . هذا المخلوط يضاف الى السائل المنوى بنسبة ٣:١ .

٢ – يضاف محلول سترات الصوديوم (٣,٥٪) الى صفار البيض بنسبة ٥٪ .

٣ – محلول سترات الصوديوم (٥٪) يضاف اليه سلفاميرازين (٣,٪) . ويستعمل المحلول باضافة للسائل المنوى بنسبة ١:١ .

(د) مخففات الدواجن

تستعمل المحاليل التالية كمخففات للسائل المنوى للدواجن (جدول ١٣ – ٥) . وقبل التلقيح مباشرة يضاف ٢ جزء من المخفف الى جزء من السائل المنوى ويخلطا

جيدا مع ضبط رقم الحموضة عند حوالى ٦,٦ - ٦,٨ .

جدول ١٣ - ٥ : المحاليل المستخدمة كمخففات للسائل المنوى للدواجن

المكـون	التركيز (جم / لـتر مـاء مقطـر)		
	محلول رنجز Ringer	محلول لوك Locke	محلول تيرود Tyrode
كلوريد صوديوم	٩,-	٩,-	٩,-
كلوريد بوتاسيوم	,٣	,٢٤	,٢٠
كلوريد كالسيوم	,٢٥	,٤٢	,٢٠
كلوريد مغنسيوم	—	—	,١٠
بيكربونات صوديوم	,٢٠	,٢٠	١,-
دكسـتروز	—	١,٠	١,-

حفظ السائل المنوى Storage of Semen

الهدف الاساسى من عملية التلقيح الصناعى هو الاستفادة القصوى من السائل المنوى للطلائق الممتازة . ويتم ذلك بحفظ السائل المنوى لهذه الطلائق بالتبريد أو التجميد حيث يقل معدل التمثيل الغذائى بخلية الحيوان المنوى ويتوقف عن الحركة الا انه يظل حياً . وينتج عن ذلك ان يحتفظ الحيوان المنوى بقدرته على الاخصاب لمدة اطول مما لو ترك على درجة حرارة الجسم أو الغرفة .

١ - الحفظ بالتبريد :

ويتم باجراء عملية تخفيف السائل المنوى بالمخفف المناسب على درجة ٣٧° م بعد الجمع مباشرة ثم البدأ فى تبريد السائل المنوى تدريجياً الى درجة حرارة ٥° م وفيما لا يقل عن ساعة . وعادة ما تستعمل سرعة تبريد متوسطة هى حوالى ٢٠ دقيقة لكل خمسة درجات تبريد . ويتم ذلك بأن توضح انابيب أو امبولات السائل المنوى المخفف والتى درجة حرارتها ٢٠ - ٣٠° م فى حوامل توضع فى حوض التبريد الذى يمر فيه تيار ماء بارد على درجة حرارة ٥° م . ويحفظ السائل المنوى مبرداً على حرارة ٥° م ولحين استعماله فى ثلاجة مضبوطة على هذه الدرجة حيث يمكن التلقيح به خلال ٣ - ٤ أيام .

٢ - الحفـظ بالتجميـد :

تجميد السائل المنوى على درجات حرارة منخفضة (- ٨٠° م أو - ١٩٠° م) يساعد فى حفظ السائل المنوى لفترات طويلة جداً وبالتالى يمكن الاستفادة من الطلائق الممتازة على مدار العام وذلك رغم اصابتها بمرض أو حتى بعد موتها . كما أن هذه الطريقة تسهل نقل السائل المنوى بين البلاد والدول المختلفة .

السائل المنوى المراد تجميده يجب أن يحتوى على عدد اكبر من الحيوانات المنوية المتحركة بعد تخفيفه عن ذلك المحفوظ بالتبريد لتعويض نسبة الحيوانات التى تموت عند التجميد (٤٠٪) . يخلط جزء من السائل المنوى بثلاثة اجزاء من المخفف غير المحتوى على جليسرول على حرارة الغرفة ثم يبرد المخلوط تدريجياً حتى حرارة ٥° م خلال ساعة (المخفف القياسى يحتوى ٣ أجزاء حجمية من محلول ٢,٩٪ سترات صوديوم وجزء صفار بيضة . وهناك مخفف آخر يتركب من اللبن الفرز السابق غليه مع أو بدون اضافة صفار البيض) . يضاف لهذا السائل المنوى المخفف جزئياً والمبرد حجما مساويا من نفس المخفف ولكن يحتوى على ١٤٪ جليسرول خلال فترة ساعة ليعطى تركيز نهائى للجليسرول ٧٪ . يترك هذا السائل المنوى المخفف المحتوى على جليسرول بارداً على حرارة ٥° م لمدة ٦ ساعات ثم يجمد تدريجياً على - ٧٩° م .

الجليسروك المضاف للسائل المنوى قبل التجميد اقترح استخدامه كمادة مضادة للتجمد Anti-freeze بواسطة العالمين سميث وبولج Smith & Polge عام ١٩٥٠ . حيث يخفض درجة تبلور المخفف والسائل المنوى عند التجميد فلا تنفصل بلورات الثلج النقى بل يبقى الماء ممزوجا مع المواد الذائبة فيه ويحدث التبلور فجأة فى مدة قصيرة ويكون التبلور لمزيج الماء والمواد الذائبة فيه وبالتالى لا تحدث ظاهرة انفصال بلورات الثلج النقى وما ينجم عنها من اضرار تنتج عن ارتفاع تركيز المحلول بعد فصل الثلج النقى .

وسابقاً كان استعمال ثانى اكسيد الكربون (الثلج الجاف) والكحول هو الطريقة السائدة لتجميد وحفظ السائل المنوى على درجة - ٧٩° م ولكن الآن حل محلها التجميد باستخدام النيتروجين السائل على درجة - ١٩٠° م حيث يعبأ السائل المنوى فى امبولات Ampoules سعة ٢ - ٥ سم٣ أو أنابيب شعرية صغيرة Straws أو حبيبات Pellets . السائل المنوى الجاف Dried semen أمكن التوصل له واختبرت صلاحيته رغم موت نسبة كبيرة من الحيوانات المنوية عند التجفيف . وتتم العملية باجراء التجفيف بالتفريغ المصحوب بالتجميد للسائل المنوى .

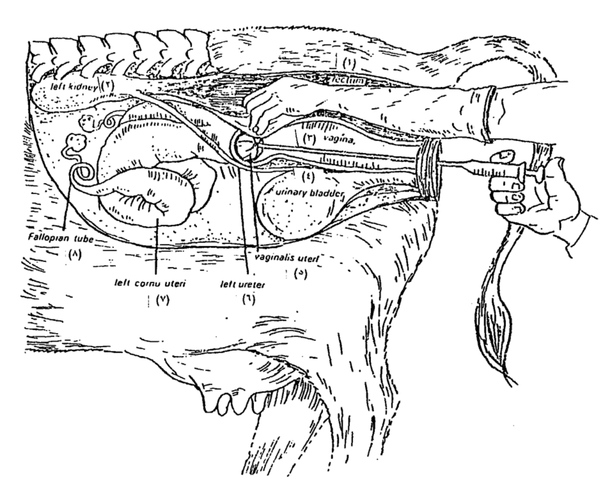
حقن السائل المنوى (التلقيح) Insemination

نجاح عملية التلقيح يعتمد اساساً على (١) استعمال حيوانات منوية ذات خصوبة عالية وراثياً ، (٢) معاملة جيدة للسائل المنوى قبل التلقيح ، (٣) التلقيح فى الوقت المناسب من دورة الشياع و (٤) حقن السائل المنوى بطريقة سليمة . النقطتين الأولتين سبق مناقشتهم اما الأخيرتين فسنتناولهم فيما يلى .

اكتشاف الشياع ووقت التلقيح : يمكن الحصول على نسبة خصوبة عالية باستخدام حيوانات منوية عالية الخصوبة تتواجد فى قناة البيض عندما يحدث التبويض وذلك نظراً لأن حياة البويضة قصيرة وبذلك فان عملية التلقيح يجب ان تسبق التبويض . ووقت التبويض يصعب معرفته بدقة ولذلك فان عملية التلقيح يجب توقيتها ابتداء من حدوث الشياع . وعليه فاكتشاف الشياع يجب أن يلاحظ بدقة وانتظام . وعادة ما يتكرر حدوث الشياع بالبقرة غير الحامل كل ٢١ يوم . وعند عدم قدرة الشخص على كشف الشياع عند بدأ حدوثه ، فان عليه تدقيق الملاحظة ابتداء من اليوم ١٩ – ٢١ من بعد فشله فى كشف الشياع فى أول مرة . وفى الابقار يظهر الشياع فى وقوف الانثى ساكنة عندما يعتليها حيوان آخر . والبقرة التى يكتشف شياعها أول مرة صباحا تلقح مساء نفس اليوم وتلك التى يكتشف شياعها مساء تلقح صباحا ثانى يوم . التنبيه الحادث عند التلقيح قد يختصر الفترة من نهاية الشياع حتى التبويض .

مكان وضع السائل المنوى : فى الابقار يتم الحصول على افضل نتائج باستخدام طريقة المستقيم والمهبل Recto-vaginal method وفيها يدخل الملقح يده التى تلبس قفاز فى المستقيم ويستعملها فى مسك عنق الرحم وجدار المستقيم . بعد ذلك تدخل انبوبة التلقيح فى المهبل وتوجه لعنق الرحم بمعرفة اليد التى تلبس القفاز والموجودة بالمستقيم (شكل ١٣ – ٦) . ويجب على الملقح أن يكون لديه الخبرة الكافية للقيام بهذه العملية . وعادة ما تستعمل مادة لتشحيم القفاز مثل الفازلين أو الصابون أو الماء لتسهيل دخول اليد بالمستقيم . دخول انبوبة التلقيح بالمهبل يجب أن تكون من نقطة مرتفعة بزاوية ٢٠ – ٣٠° درجة اى قريبة من الجانب الظهرى للمهبل . وهذا يجنب دخول طرف الانبوبة فى الجيب المسدود أو فتحة خروج البول . اليد الموجودة بالمستقيم تستعمل فى توجيه طرف انبوبة التلقيح الداخلة فى المهبل ناحية فتحة عنق الرحم . ويحقن السائل المنوى فى الجزء الامامى لمجرى عنق الرحم .

التلقيح فى الأغنام يتم بعد بدأ ظهور الشياع بنحو ٨ – ١٤ ساعة . ويكتشف الشياع بمساعدة كبش كشاف . ويتم التلقيح بطريقة المنظار المهبلى Vaginal speculum الذى



شكل ١٣ - ٦ : طريقة المستقيم والمهبل لحقن السائل المنوى فى الابقار حيث تدخل اليد اليسرى بالمستقيم لمسك عنق الرحم ويدفع السائل المنوى بواسطة المحقن بمساعدة اليد اليمنى . (عن بانرجى) .

(١) المستقيم (٢) الكلية اليمنى (٣) المهبل (٤) المثانة (٥) عنق الرحم (٦) الحالب الأيسر (٧) القرن الأيسر للرحم (٨) قناة فالوب

يصنع خصوصا للاغنام . ويشحم المنظار بالزيت أو الفازلين ويدخل بعناية فى المهبل حيث يتم تحديد مكان عنق الرحم بمساعدة مصدر اضاءة . وتستعمل كمية بسيطة من السائل المنوى (٠,٥ - ١ مل) وتحتوى نحو ٥٠ - ١٥٠ مليون حيوان حيث تحقن بمساعدة محقن خاص يمر فى عنق الرحم لمسافة ١ - ٣ سم حيث تفرغ محتوياته .

فى الدواجن يتراوح حجم القذفة بين ٠,٢٥ - ١ مل وتركيز الحيوانات المنوية ٥,٥ مليون / مل . وينصح فى عملية التلقيح ان تتم باستخدام نحو ٠,١ مل سائل منوى غير مخفف أو الحجم المناسب من السائل المخفف . وعند تلقيح الفرخة تمسك بواسطة الملقح بحيث يظهر المهبل للخارج ثم تدخل حقنه التلقيح لعمق ٣ سم حيث يحقن السائل

المنوى . يرفع الضغط الواقع على الفرخة ليرجع المهبل لموضعه . وينصح باجراء عملية التلقيح فى المساء لانه خلال الصباح قد يكون الرحم محتويا على بيضة كاملة التكوين . ويعاد التلقيح على فترات اسبوعية فى الدواجن .

ملاحظات عامة :

عملية التلقيح الصناعى فى حد ذاتها سهلة للغاية ويقوم بها فى جميع البلاد المتقدمة ملقحون متخصصون تابعين لمراكز التلقيح الصناعى وكذلك يقوم بها بعض المربين بأنفسهم . على أن العملية تستلزم دراسات دقيقة وتفهم لبعض المجالات مثل :

١ - رعاية الحيوان وخاصة الطلائق لتكون فى مأمن من التعرض للضعف أو الاجهاد الجنسى الذى يضر بقيمتها الانتاجية .

٢ - جمع السائل المنوى وفحصه وتخفيفه وحفظه بالتبريد أو التجميد .

٣ - فحص الاناث للتأكد من شياعها وجسها لمعرفة حملها مبكرا حتى لا يتكرر تلقيحها فتجهض وحتى يمكن ضبط ميعاد التلقيح المخصب .

٤ - دراسة الاخصاب والعقم ومعرفة اسبابها وعلاجه .

٥ - دراسة الامراض المعدية وغير المعدية التى يتعرض لها الذكور والاناث وعلاج المصاب ووقاية السليم .

هذه العمليات تتطلب دقة الالمام بها ودراستها وهى مرتبطة بعلوم التشريح والفسيولوجيا والكيمياء الحيوية والباثولوجيا والأمراض وكذلك تتطلب الالمام بالتشخيص والعلاج والوقاية .

ويلزم لنشر التلقيح الصناعى ضرورة اعداد مركز عام على مستوى المحافظات أو الوحدات المحلية تجمع فيه السائل المنوى ويحفظ ومراكز فرعية على مستوى القرية أو **المزرعة تتلقى السائل المنوى من المركز العام والقيام بعملية التلقيح بعد مراقبة الشياع .**

الفصل الرابع عشر

الغدة اللبنية وافراز اللبن

The mammary gland and milk secretion

عبر مراحل تطور الحيوانات ظهر لواحد من الاقسام العالية للفقريات (الثدييات) عضو جديد هو الغدة اللبنية Mammary gland أو الضرع udder يتخصص افرازه وهو اللبن في تغذية الصغار حديثى الولادة . ورغم أن الانسان أستأنس نحو ٦٠ نوع من الحيوانات ، الا أن الأنواع الى تمده باللبن تضم الماشية – الاغنام – الخيل والجمال . ومنذ أن استأنست هذه الحيوانات قام الانسان بالانتخاب فيها وتحسينها مما جعلها الان تختلف بدرجة محسوسة من الناحية التركيبية والوظيفية عن أصولها البرية . فالماشية الحالية تعطى الانسان كمية لبن تصل الى نحو ٣٠ مرة قدر الماشية البرية . وهذا يوضح الى أى مدى يمكن بواسطة الانتخاب والخلط وتحسين الظروف البيئية زيادة انتاجية الحيوان .

تركيب الغدة اللبنية

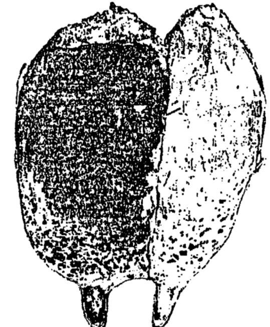
Structure of Udder

أولا : الشكل الخارجى : External Structure

ضرع الابقار والجاموس يتكون من أربعة غدد منفصلة عن بعضها فى حين أن ضرع الاغنام والماعز **يتكون** من غدتين . الضرع عبارة عن غدة جلدية تغطى عادة بالشعر ماعدا منطقة الحلمات . ويظهر الضرع بشكل مربع أو بيضاوى وينقسم الى نصفين أيمن وأيسر بواسطة التجويف البينضرعى Intramammary groove . ويحتوى كل من نصفى الضرع على غدتين أمامية وخلفية . الارباع الخلفية تكون الجزء الاكبر من الضرع وتفرز عادة نحو ٦٠٪ من اللبن (شكل ١٥ – ١ ، ٢) .

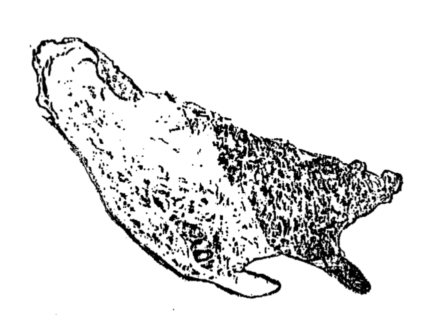
ويختلف وزن الضرع الفارغ حسب النوع ويبلغ نحو ٣٢ رطل فى الفريزيان ، ٢٢ رطل فى الجرسى ، ١٨ رطل فى الجرنسى والايرشر . ويزيد الوزن بزيادة وزن الحيوان وعمره وتكون معظم الزيادة بين موسمى الحليب الأول والثانى . وتبلغ سعة الضرع حوالى ٦٨ رطل كما فى الفريزيان .

الحلمات تختلف فى الشكل من اسطوانية الى مخروطية والحلمات الخلفية عادة ما تكون أقصر من الامامية .



شكل (١٥ - ١)

قطاع عرضى فى ضرع الماشية من جهة الارباع الخلفية التى تنفصل بواسطة الرباط الوسطى المعلق . وقد صبغت الارباع بلون مختلف . (عن شميث)



شكل ١٥ ٢ قطاع طولى فى ضرع الماشية خلال الارباع الامامية والخلفية ولقد صبغ الربعين بصبغة مختلفة (عن شميث)

ثانياً : التركيب الداخلى Internal Structure

يتركب ضرع الماشية من نصفين أيمن وأيسر معزولين عن بعضهما تماماً بواسطة الرباط الوسطى الرافع Medial Suspensory ligament وكل نصف يحتوى على غدتين مستقلتين عن بعضهما تماماً بدليل أنه اذا حقنت صبغة فى القنوات اللبنية من مخزن غدة فانها تنتشر فى غدة واحدة دون الغدد المجاورة .

الانسجة المكونة للغدة اللبنية تشمل نوعين هما النسيج الغدى والنسيج الضام وتتفاوت النسبة بينهما حسب نوع الحيوان وعمره والحالة الفسيولوجية . ففى الحيوانات الحلابة يغلب النسيج الغدى (٨٠ – ٩٠٪) على النسيج الضام (١٠ – ٢٠٪) ، فى حين أنه فى العجلات يكون الضرع صغيراً ويغلب **فيه** النسيج الضام . ويتكون النسيج الغدى من حويصلات Alveoli تتصل ببعضها عن طريق قنوات ducts لتكون فصوص **وفصيصات Lobules & Lobes تحاط بأنسجة ضامة تعمل على حفظ الانسجة الغديه داخل الضرع .**

١ – اربطة الضرع Supporting Structure :

يتصل الضرع بالجسم بواسطة عدة أربطة (شكل ١٥ – ٣) تعمل على المحافظة عليه وأهمها :

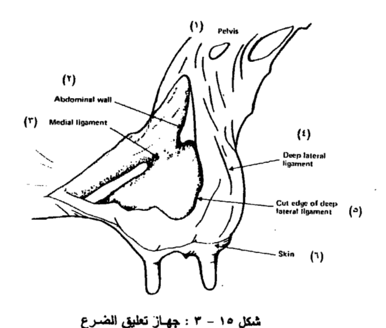
(أ) الرباط المتوسط الرافع Medial Suspensory ligament مصدرة السطح البطنى ويمتد للسطح الوسطى **للضرع**.وضعفه بسبب حدوث الضرع البندولى ويعتبر من أهم روابط الضرع .

(ب) الرباط الجانبى الرافع Lateral suspensory ligament مصدرة روابط تحت الحوض ويمتد للاسفل والامام حول الضرع .

(جـ) الجلد والانسجة تحت الجلد Skin & Subcutaneous tissues ودور هذه الروابط بسيط فى تعليق الضرع مقارنا بالاربطة الاخرى .

٢ – جهاز تجميع اللبن Milk Collecting system :

الانسجة المفرزة للبن تتكون من حويصلات Aleveoli.تتجمع كل مجموعة من الحويصلات بواسطة قناة عامة Common duct وتحاط بنسيج ضام لتكوين فصيص Lobule . وكل عدة فصيصات تحاط هى الأخرى بأنسجة ضامة لتكوين فص Lobe .



شكل ١٥ - ٣ : جهاز تعليق الضرع

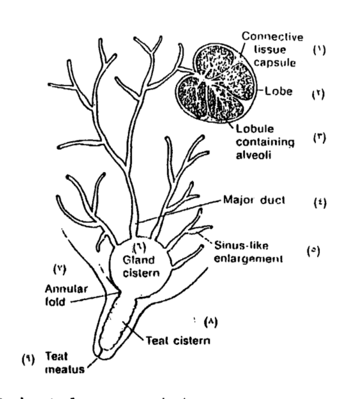
(١) الحوض (٢) جدار البطن (٣) الرباط الوسطى (٤) الرباط الجانبى العميق (٥) حافة الرباط الجانبى (٦) الجلد (عن ثيل ودود)

تفرغ الفصوص لبنها فى قنوات رئيسيه عامه Major duct يبلغ عددها نحو ١٢ قناة تصب فى مجمع الغدة Gland Cistern الذى يقع فوق الحلمة . وتقدر سعة مجمع الغدة بحوالى ١٠٠ - ٤٠٠ جم لبن . ويتصل مخزن الغدة بمخزن أصغر يعرف بمخزن الحلمة Teat cistern ويفصلهما ثنية حلقية من الأنسجة الضامة . وينتهى مخزن الحلمة بقناة صغيرة تسمى بالقناة الخطية Streak Canal التى تفتح للخارج ويدعمها صمام عضلى قوى Sphincter muscle يلعب دوراً هاماً فى تقدير معدل نزول اللبن (١٥ - ٤) .

القنوات الصغيرة الموجودة داخل الفصيصات تتكون من غشاء قاعدى محاط بخلايا طلائية عضلية وطبقة واحدة من الخلايا الطلائية المفرزة . أما القنوات بين الفصوص فتتكون من طبقتين أو أكثر من الخلايا الطلائية عديمة النشاط الافرازى . ومع كبر القناة **يزيد مقدار الالياف العضلية المحيطة . ويلاحظ أن القنوات تتسع مكونة تجاويف قبل اتصالها ببعضها مما يسهل تخزين اللبن بين الحلبات . مخزن الغدة والحلمة يبطنها من الداخل طبقتين أو أكثر من الخلايا الطلائية ترتكز على طبقة من الانسجة الضامة . وتوجد غدد ثانوية صغيرة بجدار مجمع الغدة والحلمة يعتقد بأنها تفرز اللبن .**

٣ - حويصلات اللبن Alveoli :

حويصلات الغدة اللبنية عبارة عن انتفاخات صغيرة كمثرية الشكل توجد فى نهاية **قنوات اللبن وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية التي يختلف شكلها تبعا لدرجة**



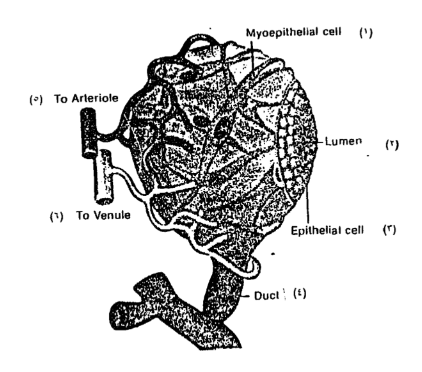
شكل ١٥ – ٤ : النظام القنوى فى أحد أرباع ضرع الماشية . (عن شميث)

(١) حويصله من نسيج ضام (٢) فص (٣) فصيص يحتوى حويصلات (٤) قناة عامة (٥) تجويف يشبه الجيب (٦) مخزن الغدة (٧) ثنيه حلقيه (٨) مخزن الحلمه (٩) فتحة الحلمه

نشاطها الافرازى . فعندما تكون الحويصلة فارغة فان خلاياها تكون عمادية وعندما تمتلىء بالافراز فانها تصبح قصيرة وممتدة . يحيط بقاعدة الخلايا الطلائية شبكة من الخلايا الطلائية العضلية Myoepithelial Cells تغلف الحويصلة من الخارج وترتكن على غشاء قاعدى رخو ممول بشبكة من الأوعية الدموية التى تمد الحويصلات بالمواد الغذائية اللازمه لتخليق اللبن (شكل ١٥ – ٥) .

ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبى الدقيق لخلايا الحويصلات وجود زوائد تشبه الخملات Microvilli تعمل على زيادة السطح الخلوى المفرز للبن . وتنتشر الشبكة الاندوبلازمية بصورة متوازية ومتجاورة بالجزء القاعدة من الخلية وبجوار النواه . وسطح الشبكة الخارجى خشن لوجود ريبوسومات ذات محتوى عالى من الـ RNA . نواه الخلايا الطلائية كبيرة ومستديرة وقد تحوى أكثر من نوية . الميتوكوندريا توجد بكميات كبيرة بالقرب من قاعدة الخلايا الطلائية وخصوصا فى الحيوانات الحلابة . وتتميز الخلايا الطلائية بوجود أجهزة جولجى بكمية كبيرة .

الخلايا الطلائية العضلية توجد فى شكل شبكى . وسيتوبلازمها خيطى والنواه مغزلية



شكل ١٥ – ٥ : رسم توضيحى للحويصلات اللبنية وتمويلها الدموى . (عن شميت)

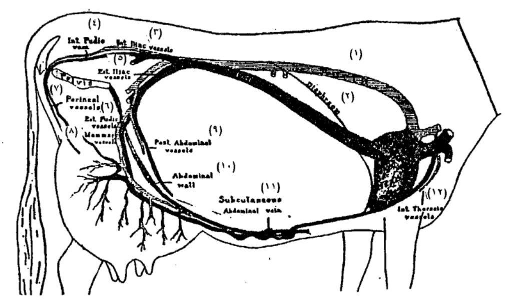
(١) خلايا طلائية عضلية (٢) تجويف (٣) خلية طلائية (٤) قناة (٥) الى الشريان (٦) الى الوريد

وترتبط اساساً بانقباض حويصلات اللبن وطرد اللبن للخارج فى القنوات والمخازن وذلك عند الرضاعة أو الحليب .

٤ – التمويل الدموى للضرع Blood Supply :

يتم تمويل الضرع بالدم بواسطه الشريان الحرقفى المتفرع من الأورطى Aorta ثم الشريان العورى الخارجى External Pudic artery الذى يدخل للضرع عن طريق القناة الاربية Inguinal Canal . وبمجرد دخوله للضرع يكون ثنيه أو خيه Sigmoid flexure تسمح للشريان بالتمدد عند امتلاء الضرع باللبن . بعد ذلك يتفرع منه وصلة للغدة الليمفاوية . **وبعد ذلك ينقسم الشريان الضرعى لفرعين هما الشريان الضرعى الامامى Cranial mammary** artery والشريان الضرعى الخلفى Caudal mammary artery ثم تخرج من هذه الشرايين فروع وشعيرات دقيقة تحيط بالحويصلات . يوجد شريان آخر أقل أهمية هو الشريان الشرجى **Perineal artery**/يغذى الجزء الخلفى الظهرى للارباع الخلفية .

يتجمع الدم بعد أن يغذى حويصلات اللبن المفرزة فى شعيرات وريدية تتصل ببعضها مكونة أوردة تعيد الدم ثانياً للقلب . وأهم هذه الاوردة الوريد العورى الخارجى External Pudic vein والذى يسير محازيا للشريان العورى الخارجى ويصب فى الوريد الاجوف السفلى Posterior vena cava . كما يخرج الدم من الضرع عن طريق الوريد **البطنى تحت الجلد** Subcutaneous abdominal vein (**الوريد اللبنى** Milk vein) . **وهو** يجمع الدم من الجلدوالسطح الخارجى للغدد والحلمات . كما أن هناك الوريد الشرجى Perineal vein يحمل الدم الوريدى من الجزء الخلفى الظهرى للارباع الخلفية (شكل ١٥ - ٦) .



شكل ١٥ - ٦ : رسم يوضح الدورة الدموية فى ضرع الابقار (عن فراندسون)

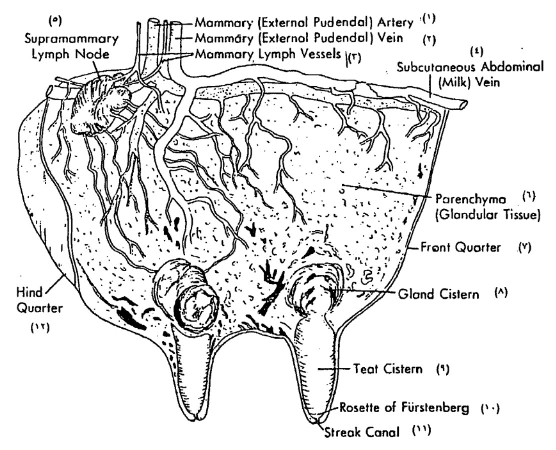
(١) الاورطى (٢) الحجاب الحاجز (٣) الأوعية الحرقفية الداخلية (٤) الأوعية الشرجية الداخلية (٥) الأوعية الحرقفية الخارجية (٦) **الأوعية العوريه** الخارجية (٧) الأوعية الشرجية (٨) الأوعية الضرعية (٩) الأوعية البطنية الخلفية (١٠) **الجدار البطنى** (١١) **الوريد البطنى تحت الجلد** (١٢) **الوريد** الصدرى الداخلى

٥ - النظام الليمفاوى Lymphatic system :

النظام الليمفاوى للضرع يتكون من أوعية ليمفاوية وعقد ليمفاوية Lymph nodes . حيث تحمل الاوعية الليمفاوية سوائل الانسجة من أنسجة الضرع الى العقد الليمفاوية ثم ترجعها للدورة الدموية الوريدية عن طريق الوريد الاجوف الخلفى . الضرع عادة له عقدة ليمفاوية واحدة لكل نصف ضرع تسمى العقدة الليمفاوية فوق الضرع Supramammary lymph node تقع خلف القناة الاربية مباشرة (شكل ١٥ - ٧) : وقد

يحتوى كل من نصفى الضرع على حوالى ٧ عقد صغيرة . وتساعد العقد الليمفاوية فى **تخليص الليمف من البكتريا والمواد الغريبة كما أنها تضيف كرات دم بيضاء لمفية** Lymphocytes **للسائل الليمفاوى .**

عندما تتراكم كميات كبيرة من السائل الليمفاوى بين الجلد والانسجة المفرزة للضرع يحدث تورم الضرع Udder Edema والذى غالبا ما يحدث عند الولادة خاصة من العجلات التى تلد لأول مرة .



شكل ١٥ - ٧ : قطاع طولى بالغدة اللبنية الابقار موضحا النظام الليمفاوى والدموى

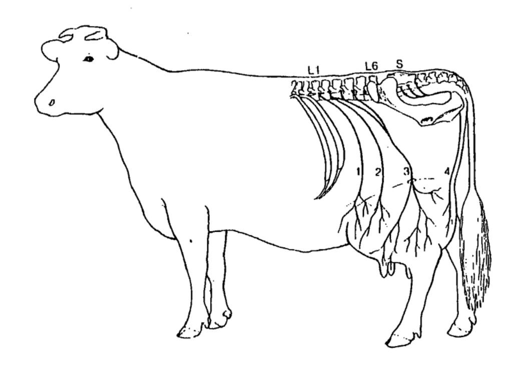
(١) الشريان العورى الخارجى (٢) الوريد العورى الخارجى (٣) الأوعية الليمفاوية الضرعية (٤) الوريد البطنى تحت الجلد (٥) الغدة الليمفاوية فوق الضرع (٦) النسيج البرنشيمى (الغدى) (٧) الربع الأمامى (٨) تجويف الغدة (٩) تجويف الحلمة (١٠) ورده فستنبرج (١١) القناة الخطية (١٢) الربع الخلفى .

٦ - التمويل العصبى Nerve Supply :

الضرع جيد التمويل بالاعصاب التى تقوم بدور هام فى عملية مرور الدم والليمف وكذلك فى عملية افراز اللبن واخراجه (شكل ١٥ - ٨) ا ويغذى الضرع بوعين من

الاعصاب الأول حسى Sensory fibers (Afferent) وهو يتكون من العصب القطنى الأول والثانى 1 st & 2 nd lumber nerves وتغذى السطح الامامى للضرع . وكذلك فروع العصب القطنى الثانى والثالث والرابع التى تكون العصب الاربى Inguinal nerve الذى يدخل للضرع من القناة الاربية ثم يتفرع لفروع تصل للانسجة الغدية والقنوات والحلمات والعقد الليمفاوية . الاعصاب الشرجية Perineal nerves المشتقة من العصب العصعصى الثانى والثالث والرابع 2, 3, 4, Sacral nerves والتى تدخل مع الشريان والوريد الشرجى تمول الجزء الخلفى للضرع بالاعصاب .

النوع الثانى الاعصاب هو الاعصاب المحركة Motor fibers (Efferent) وهى مقصورة على الاعصاب الاربية وهى تنظم التمويل الدموى للضرع وتمد العضلات الناعمة المحيطة بقنوات جمع اللبن والعضلات القابضة للحلمات . وتنبيه هذه الاعصاب السمبثاوية يسبب انقباض الاوعية الدموية وتثبيط افراز اللبن .



شكل ١٥ - ٨ : التمويل العصبى للضرع .

١ - العصب القطنى الأول
٢ - العصب القطنى الثانى
٣ - العصب القطنى الاربى
٤ - العصب القطنى الشرجى
L_1 - الفقرة القطنية الأولى
L_6 - الفقرة القطنية السادسة
S - العصعص . (عن شميت)

إفــراز وإخــراج اللبـن

Secretion and Ejection of Milk

عملية انتاج اللبن Lactation تشمل عمليتين رئيسيتين أولهما فراز Milk Secretion وثانيهما انزال اللبن من الضرع Milk ejection . مكونات اللبن تنتج عن طريق مباشر أو غير مباشر من الدم . ورغم أن الضغط الاسموزى يكون متساوى بين اللبن والدم فان هناك اختلافات واضحة فى تركيبهما . فاللبن يحتوى على تركيز عالى من السكر والبوتاسيوم وتركيز أقل من البروتين والصوديوم والكلوريد وذلك مقارنا بالدم . وكذلك فان بروتين اللبن معظمه كزين (مع كميات قليلة من الالبيومين والجلوبيولين) فى حين أن الالبيومين والجلوبيولين تمثل البروتينات الرئيسية فى بلازما الدم . كذلك فمن الناحية الكمية فان معظم لبيدات اللبن عبارة عن الجليسريدات الثلاثية فى حين أن الفسفوليبيدات والكوليسترول تمثل الجزء الرئيسى من لبيدات الدم .

أولاً : تركيب اللبن Milk Composition :

متوسط تركيب اللبن لبعض أنواع الحيوانات موضح بجدول ١٥ - ١ ، ومنه يظهر ان لبن الحيوانات البحرية يحتوى على نسبة عالية من الدهون كما هو الحال فى الدرفيل Dolphin كما أن الدب القطبى يفرز لبن غنى بالدهن . والعديد من أنواع الثدييات سريعة النمو مثل الارنب والفأر تفرز لبن غنى بالبروتينات ولكن العلاقة بين معدل النضج ومستوى البروتين ليست دائماً ثابتة . نسبة اللاكتوز ربما تكون أكثر ثباتاً وتتراوح غالباً بين ٣ - ٧٪ رغم أنها قد تكون منخفضة جداً فى بعض الثدييات . لبن حيوان الكنجارو يبدوا أنه فريداً فى تركيبه حيث اتضح أنه يحتوى سكر خماس (بنتوز Pentose) بدلا من سكر اللاكتوز وكذلك البروتينات وبعض المركبات الازوتية التى لا تتواجد فى لبن الثدييات .

وهناك اختلافات واضحة فى تركيب لبن سلالات الماشية ، الأمر الذى يرجع لطرق الانتخاب المختلفة . وهناك ارتباط قوى بين نسبة الدهن والمواد الصلبة الاخرى فى لبن الابقار ، غير أن التغير فى نسبة الدهن تعتبر ذات أهمية فى تغير نسبة الجوامد غير الدهنية . وتحدث زيادة قليلة فى نسبة الدهن باللبن بتقدم العمر حتى ثلاث سنوات بعدها يحدث انخفاض قليل لا يزيد عن ٠,٢٪ . ونقص الجوامد غير الدهنية بتقدم العمر يكون تقريبا ضعف النقص فى الدهن . ويحدث نقص بسيط فى البروتينات الكلية ، ولكن الكيزين يقل فى حين أن بروتينات الشرش تزيد . ومعظم النقص فى الجوامد غير الدهنية

جدول ١٥ - ١ : تركيب لبن بعض الثدييات (٪)

النـــوع		الدهـن	البروتيـن	اللاكتـوز	المعـادن
الانسان	Human	٤,٣	١,٤	٦,٩	,٢
الدب القطبى	Polar Bear	٣٣,١	١٠,٩	,٣	١,٤
الجاموس المصرى	Buffalo	٧,٧	٤,٣	٤,٧	,٨
الجـمال	Camel	٤,٢	٣,٥	٤,٨	,٧
الماشـية :	Cattle				
الايرشـير	Ayrshire	٤,١	٣,٦	٤,٧	,٧
الجرنسـى	Guernsey	٥,٠	٣,٨	٤,٩	,٧
الهولسـتين	Holstein	٣,٥	٣,١	٤,٩	,٧
الجرسـى	Gersey	٥,٥	٣,٩	٤,٩	,٧
الدرفيـــل	Dolphin	٤١,٥	١٠,٩	١,١	,٧
الماعــز	Goat	٣,٥	٣,١	٤,٦	,٨
الكنجـارو	Kangoroo	٥,٤	٧,٩	٠,٣	١,٧
الارنـــب	Rabbit	١٢,٢	١٠,٤	١,٨	٢,٠
الفـــأر	Rat	١٣,٠	٩,٧	٣,٢	١,٤
الاغنـــام	Sheep	١٠,٤	٦,٨	٣,٧	٠,٩

يرجع لنقص الاكتوز بتقدم العمر .

خلال موسم الحليب يتغير تركيب اللبن تبعا لتغير كمية اللبن المفرزة . فاللبن المفرز بعد الولادة مباشرة والمسمى بالسرسوب Colostram **مركز** ويحتوى على ضعف المواد الصلبة الموجودة باللبن العادى (جدول ١٥ - ٢) ويتحول تدريجياً إلى اللبن العادى . وخلال الاسابيع الأول بعد الولادة تكون نسبة المواد الصلبة الكلية والدهن والبروتين عالية وتنخفض تدريجياً لتصل لأقل نسبة خلال ٢ - ٣ شهر من الولادة ثم تبدأ فى الزيادة حتى نهاية موسم الحليب . أما اللاكتوز فيكون منخفضا فى لبن السرسوب ثم يزيد ليصل لاقصى مستوى مع بداية الحليب وخلال الخمسة والأربعين يوماً الأولى ثم يقل تدريجياً بعد ذلك . ويتميز السرسوب باحتواءه على الجاما جلوبيولين وهو نوع من الاجسام المضادة التى تلد بعض أنواع الحيوانات وهى تعانى نقصه مثل الأغنام والماعز ، الماشية ، الخيول والخنازير ولذلك **يلزمها** السرسوب للحصول على هذه الاجسام المضادة فى حين أن الحيوانات الاخرى تنتقل اليها هذه المادة من الأم خلال الأغشية المشيمية .

وخلال الحلبة الواحدة لوحظ أن نسبة الدهن فى اللبن المفرز فى نهاية الحليب تكون مرتفعة عن اللبن المفرز **فى البداية** بحوالى ٣ - ٤ مرات . زيادة نسبة الدهن فى اللبن الأخير لوحظ ايضا فى الانسان والماعز . وسبب هذه الظاهرة غير واضحة رغم أن هناك بعض الآراء التى تعزيها لحدوث ظاهرة الـ creaming (أرتفاع حبيات الدهن) بداخل الضرع .

جدول ١٥ - ٢ : تركيب لبن السرسوب بعد الولادة (٪)

المركب	الوقت بعد الولادة (ساعة)				
	صفر	١٢	٢٤	٤٨	٧٢
المواد الصلبة الكلية	٢٧,٠	١٤,٥	١٢,٨	١١,٥	١١,٨
الدهن	٥,١	٣,٨	٣,٤	٢,٨	٣,١
البروتين	١٧,٦	٦,٠	٤,٥	٣,٧	٣,٨
اللاكتوز	٢,٢	٣,٧	٤,٠	٤,٠	٤,٧
الرماد	١,٠	٠,٩	٩,٠	٠,٨	٠,٨

الطاقة المستهلكة تعتبر من العوامل الهامة المؤثرة على كمية وتركيب اللبن المفرز فزيادة استهلاك الطاقة يزيد مستوى انتاج اللبن . وزيادة مستوى التغذية بحوالى ٢٥ - ٣٥٪ عن المعدل المفروض يؤدى لزيادة الجوامد اللادهنية بحوالى ٠,٢٪ أما انخفاضها بحوالى ٢٥٪ من المفروض فيقلل نسبة الجوامد اللادهنية بمقدار ٠,٤-٠,٥٪. ويبدوا أن هذا التغير يرجع الى تغير المحتوى البروتينى خاصة الكيزين . ومن المرغوب فيه وجود ٣ - ٤٪ من مكونات العليقة المركزة دهنا وذلك للمحافظة على الانتاج العالى من اللبن . وعموما لم توجد علاقة بين مستوى دهن العليقة ومستوى دهن اللبن . فنقص دهن العليقة لا يؤثر جوهريا على نسبة الدهن باللبن رغم أنه قد يخفض انتاج اللبن قليلا . أما ارتفاع نسبة الدهن بالعليقة فقد يسبب اضطرابات معوية للحيوان وفقد شهيته وانخفاض انتاج اللبن الذى قد يحتوى على نسبة أعلى من الدهن . ويعتبر البروتين من المكونات الغذائية الضرورية للحيوانات الحلابة . ونقصه بالغذاء يؤدى بالاضرار بصحة الحيوان وانخفاض انتاج اللبن أما زيادة نسبة البروتين بالغذاء فليس لها ضرر فسيولوجى ولكن ترفع تكلفة الانتاج .

ثانياً : افراز اللبن Milk Secretion :

معدل افراز اللبن يعتمد جزئياً على وجود بوادىء اللبن فى الدم المار بالضرع . وتبلغ كمية الدم المارة بالضرع نحو ٥٠٠ مرة قدر حجم اللبن المفرز من الابقار والماعز وتزيد هذه النسبة فى الحيوانات منخفضة الانتاج . محتوى اللبن من الماء والاملاح والفيتامينات يمر من بلازما الدم للبن بدون تخليق . أما الاكتوز فيخلق من الجلوكوز ، الكازين والبيتا **لاكتوجلوبيولين والألفالاكتوالبيومين فتتخلق من الاحماض الامينية للبلازما فى حين أن** البيومين السيرم والامينوجلوبيولين فلا تخلق بالضرع ولكن تنتقل من تيار الدم . ويخلق الدهن فى الحيوانات غير المجترة من الجلوكوز فى حين أنه فى الحيوانات المجترة غالبا ما يكون مصدرة الاحماض الدهنية الطيارة المتكونة بالكرش وجزء بسيط من الجلوكوز .

انتاج الطاقة Energy Production :

كل خلية طلائية تولد الطاقة اللازمة لعمليات التخليق الحادثة بها بواسطة اكسدة المواد الممتصة . ويعتبر الجلوكوز والخلات المصدرين الرئيسين للطاقة بالغدد اللبنية **فى الحيوانات المجترة . ولقد وجد أن الخلات هى مصدر نحو ٢٠ - ٣٠ ٪** والجلوكوز مصدر نحو ٣٠ - ٥٠٪ من غاز ثانى اكسيد الكربون (ك أ٢) الناتج من الغدة اللبنية . ولذلك فان هناك كمية كافية من الخلات تبقى لتستخدم فى تخليق نحو ١٥ - ٤٥ ٪ من دهن اللبن . كذلك فان الجلوكوز المأخوذ بالغدة بعد أن يفى باحتياجات الطاقة تتبقى منه كمية كافية لتخليق الاكتوز والجليسرول باللبن . وحوالى ٣٠٪ من ثانى اكسيد الكربون الخارج من الغدة اللبنية لم يعرف أن كان مصدره الجلوكوز أم الخلات . وتعتبر الميتوكوندريا هى الجزء من الخلية الذى يتم فيه اكسدة المواد وانطلاق الطاقة اللازمة لاستخدام الخلية . والجزء الآخر من الطاقة المتحررة يستفاد منه فى تكوين روابط غنية بالطاقة فى صورة مركب ATP بالخلية يستخدم عند الحاجة اليه لتخليق المركبات التى يلزم لتخليقها طاقة مثل الجليسريدات الثلاثية والاكتوز والبروتين .

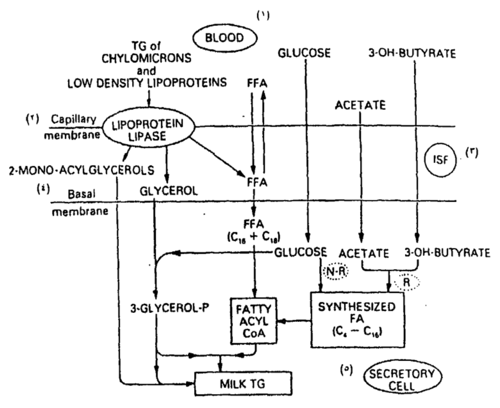
تخليق الدهون Lipid Synthesis :

يعتبر الدهن من أهم مكونات اللبن حيث تبلغ نسبته ٤,٦ ٪ فى لبن الانسان ، ٤,٠ ٪ فى لبن الماشية وحوالى ٧,٥٪ فى لبن الجاموس . ومعظم الدهن باللبن عبارة عن جليسريدات ثلاثية Triglycerides تتكون من الجليسرول والاحماض الدهنية . وهناك بعض الليبيدات الاخرى تبلغ نسبتها نحو ١ ٪ وتشمل الفسفولبيدات ، الكوليسترول ، الفيتامينات الزائبة بالدهون ، السكوالين Squaline ، الاحماض الدهنية الحرة ،

الجليسريدات الاحادية وبعض المركبات الاخرى . ويوجد دهن اللبن فى صورة حبيبات صغيرة قطرها نحو ٣ - ٤ ميكرومتر وقلبها عبارة الجلسريد فى حين أن الغشاء الخارجى يشمل الفسفولبيدات ، الكوليسترول ، فيتامين أ ، بروتين والعديد من المركبات الأخرى . ويبدوا أنه يتكون من الغشاء الخارجى للخلية الطلائية عند افراز الحبيات من الخلية لتجويف الحويصلات اللبنية .

يعتبر الجلوكوز والجلسريدات والخلات وحمض البيتا هدركس بيوتريك والأحماض الدهنية الحرة مصادر تخليق دهن اللبن وتستمدها الخلايا الطلائية من الدم. وفى الحيوانات المجترةوجدأن نحو ٣٠٪ من دهن اللبن مصدرة الخلات والباقى مصدرة الاحماض الدهنية ببلازما الدم ، أما فى الحيوانات غير المجترة فان معظم دهن اللبن مصدرة اساسا الجلسريدات الثلاثية ثم الجلوكوز الموجودين بالدم (شكل ١٥ - ٩) . وعليه فلقد ثبت أن دهن لبن الحيوانات آكلة العشب خاصة المجترات يحتوى نسبة عالية من الاحماض الدهنية قصيرة السلسلة والتى يتراوح عدد زراتها الكربونية بين ٤ - ١٤ ذرة . أما لبن الحيوانات غير العشبية فيحتوى القليل من احماض البيوتريك ، الكابرويك والكابريليك ويحتوى على نسبة أعلى من الاحماض غير المشبعة . ويبدوا أن الاحماض الدهنية من البيوتريك الى البالمتيك (من ٤ الى ١٤ زرة كربون) تخلق غالبا فى الغدة اللبنية بدءاً من الخلات أو البيتا هدركس بيوترات بواسطة عملية تكثيف مستمرة لوحدات الاستيل كو انزيم أ Acetyl Co.A لتكوين الاحماض الأطول . وجزء من حامض البالمتيك وكل الأحماض ذات الثمانية عشر ذرة كربون تستمد من مصادر أخرى خلاف عملية التخليق بالغدة ، رغم أن حمض الاستياريك (١٨ ذرة كربون) يمكن أن يتحول لحامض غير مشبع مثل الاوليك فى خلايا الحويصلات . ولقد اتضح من الدراسات المعملية أن شرائح الغدة اللبنية للحيوانات غير المجترة تستطيع استخدام الجلوكوز كمصدر للطاقة وكذلك كمصدر للكربون الداخل فى تخليق الدهون فى حين أن شرائح الغدة اللبنية للمجترات لا تستطيع توفير الوحدات ثنائية الكربون من الجلوكوز لتخليق الاحماض الدهنية . كذلك فانه فى الحيوانات غير المجترة يبدوا أن الجلوكوز هو المساهم الأول فى كمية الوحدات ثنائية الكربون والداخلة فى تخليق الاحماض المحتوية على ١٦ ذرة كربون أو أقل . الجليسرول هو المكون الاخر للجلسريدات الثلاثية ومصدرة غالبا الجلوكوز (نحو ٧٠٪) ونسبة بسيطة منه مصدرها جليسرول الدم .

حمض الخليك هو الحامض السائد فى كرش المجترات حيث يمثل نحو ٦٠ - ٧٠٪ من كميتها . وفى بعض الظروف تتغير هذه النسبة تماماً . فعند تغذية الابقار على غذاء يحتوى على المواد المركزة بقدر اكبر من المواد المالئة فان نسبة الخلات تقل وتزيد

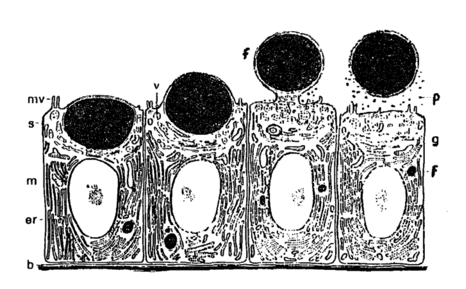


شكل ١٥ - ٩ : تخليق دهن اللبن . NR و R تشير الى حدوث هذه العملية فى الحيوانات غير المجترة والمجترة على الترتيب . (عن ميفام)

(١) الدم (٢) غشاء شعيرات الدم (٣) السائل خارج الخلايا (٤) الغشاء القاعدى (٥) الخلايا الافرازية

البربيونات وهو ما يرجع غالبا لزيادة كمية البربيونات الكلية . وفى الابقار الحلابة (والماعز) فان هذا التغير فى أحماض الكرش يسبب انخفاض كبير لنسبة الدهن باللبن والذى لا يعزى فقط الى الكمية النسبية من الاحماض الدهنية المتوفرة للميتابلزم ولكن أيضا لنقص نشاط بعض الانزيمات فى انسجة الضرع (مثل الانزيم المخلق للاحماض الدهنية Fatty acid Synthetase) . ومع نقص قدرة الغدة اللبنية على تخليق دهن اللبن ، فان تخليق الدهن بالانسجة يزيد ويسمن الحيوان .

وتفرز حبيات الدهن باللبن بعد أن تتكون داخل الشبكة الاندوبلازمية بالجزء القاعدى من الخلية ثم تتجه للجزء العلوى ناحية تجويف الحويصلة حيث يتم تركيزها . تضغط حبيبات الدهن على الخملات Microvilli الموجود على سطح الخلية حيث تبرز فى تجويف الحويصلة . ومع استمرار ضغط الحبيبات فى اتجاه تجويف الحويصلة فان غشاء الخلية يصبح محيطا بحبيبة الدهن ويتكون عنق صغير يضيق تدريجيا حتى تنفصل حبيبة الدهن فى تجويف الحويصلة مع بقاء غشاء الخلية سليم (شكل ١٥-١٠) .



شكل ١٥ – ١٠ : افراز حبيبات الدهن : (mv – خملات دقيقة s – جزء طرفى ، m – ميتوكوندريا ، er – شبكة اندوبلازمية ، b – غشاء قاعدى ، F – حبيبة دهن ، v – تجويف ، f – حبيبة بروتين و g – جهاز جولجى) (عن شميث)

تخليق البروتين **Protein Synthesis :**

تبلغ نسبة البروتين الكلى باللبن الانسانى ١,٣ وفى الابقار ٣,٥ والجاموس ٤,٤٪ ، ويتكون بروتين اللبن من عدة بروتينات أهمها الكازين ، بيتا لاكتوجلوبيلين ، الفالاكتو البيومين وهى تمثل نحو ٩٠ – ٩٥٪ من بروتينات اللبن . الجزء الباقى عبارة عن أمينو جلوبيولين ، سيرم البيومين وبرتيوز . والمكونات البروتينية باللبن تختلف جوهريا من نوع لآخر فمثلا لبن الانسان يحتوى تركيزاً أقل من الكازين وتركيزاً أعلى نسبياً من البروتينات غير الكازينية مقارناً بلبن الابقار . وبوادىء تخليق بروتينات اللبن هى الاحماض الأمينية الحرة والببتيدات وبرتينات البلازما . ويعتقد بأن بروتينات اللبن التى تتخلق بخلايا الغدة من الاحماض الأمينية الموجودة بالدم تشمل α_s ، B ، K – كازين ، الفالاكتو البيومين والبيتا جلوبيولين . فى حين أن γ – كازين ، البيومين سيرم الدم **والامينوجلوبيولين فتنتقل من الدم مباشرة الى اللبن . وتركيب الاحماض الأمينية فى** الامينوجلوبيولين الموجود بالسرسوب يختلف عن أمينوجلوبيولين الدم وأن الجزء الأكبر من أمينوجلوبيولين السرسوب ربما يتخلق بالغدة اللبنية من الاحماض الامينية المستمدة من الدم .

تخليق بروتينات اللبن يبدوا أنه مشابه لما يحدث فى خلايا الجسم الاخرى ويتضمن فعل الـ DNA ، RNA . ولقد أمكن تخليق بروتينات اللبن فى نظام خالى من الخلايا

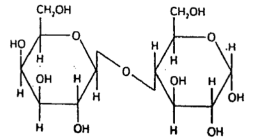
اعتماداً على مكونات معزولة من انسجة ضرع الابقار . والتخليق يعتمد على وجود الميكروسومات ومصدر طاقة . واضافة tRNA ومستحضر انزيم Aminoacyl-tRNA transferase . **وثبات نسبة البروتين باللبن توحى بوجود تنظيم لعملية تخليقه ربما تشمل نظام مورد رجعى سالب Negative feedback أو يتم التثبيط بواسطة عملية ردع Repression توقف عملية التخليق عند حد معين .**

هناك بروتينات عديدة أخرى توجد باللبن بشكل ثانوى مثل الانزيمات وتركيزاتها ضئيلة . وكذلك توجد بعض المواد الازوتية غير البروتينية مثل اليوريا ، الكرياتين ، الكرياتنين ، حمض اليوريك ، الامونيا . بعض هذه المركبات تعتبر نواتج من الدم والبعض الآخر بقايا أو نواتج تحويل تتكون فى الخلايا الطلائية .

ويفرز البروتين لداخل الحويصلة بطريقة تشبه افراز الدهن حيث يظهر بروتين اللبن على شكل حبيبات صغيرة داخل تجاويف أجهزة جولوجى تتجه لقمة الخلية حيث تلتحم بالغشاء الخلوى الذى يتمزق فى هذه المنطقة وتنتقل حبيبات البروتين لفراغ الحويصلة .

تخليق اللاكتوز Lactose Synthesis :

يعتبر سكر الاكتوز Lactose هو المكون الكربوئدراتى الاساسى باللبن وتبلغ نسبته فى لبن الانسان ٦,٩٤٪ ، الابقار ٤,٦ والجاموس ٤,٨٪ . ويتم تخليق الاكتوز من اتحاد سكرين سداسين هما الجلوكوز والجلاكتوز بواسطة رابطة بيتا بين ذرتى الكربون رقم ٤ فى الجلوكوز ورقم ١ فى الجلاكتوز (١٥ – ١١) . ويعتبر جلوكوز الدم هو المصدر الرئيسى للجلوكوز والجلاكتوز المكونين للاكتوز باللبن (شكل ١٥ – ١٢ و ١٣) . وأيضا يستخدم حمض البربيونيك Propionie acid فى تخليق الاكتوز (وذلك بعد تحوله لجلوكوز) . ويوجد الاكتوز بكمية محسوسة فقط بالغدة اللبنية ، ولكن قد يظهر بتركيزات قليلة فى الدم والبول خلال فترة الحليب . ومن جهة أخرى فان **الجلاكتوز قد يوجد فى بعض المركبات الاخرى خلاف الاكتوز مثل الجلاكتوبروتينات والجلاكتولبيدات . وتخليق الجلاكتوز لا يحدث فقط فى خلايا الغدة اللبنية ولكن كذلك فى بعض الانسجة الاخرى .**



شكل ١٥ - ١١ تركيب جزئي سكر الاكتوز

Glucose + ATP Hexokinase Glucose - 6 - P + ADP

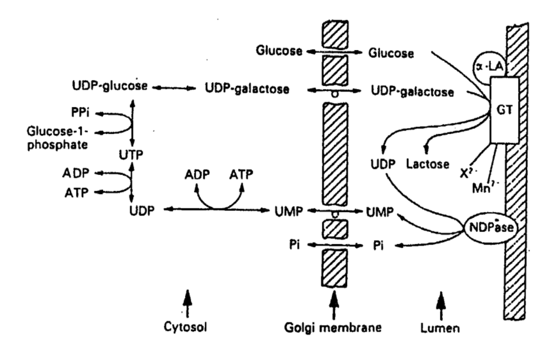
Glucose - 6 - P Phosphoglucomutase Glucose - 1 - P

Glucose - 1 - P + UTP UDP - glucose Pyrophosphorylase UDP-Gluose + Pyrophosphate (P - P).

UDP-glucose UDP-glucose -4- epimerase UDP - galactose

UDP-galactose + Glucose Lactase Synthetase Lactose + UDP

شكل ١٥ - ١٢ : خطوات تخليق سكر الاكتوز



شكل ١٥ - ١٣ : دورة اليوريدين النووى خلال تخليق الاكتوز . السهم ذو الاتجاهين يشير لتفاعل عكسى أو للحركة خلال الأغشية (⟷) أو بحامل (⟷) . GT . جلاكتوسيل ترانسفريز ، LA - لاكتالبيومين ، NDP-ase - انزيم نيكليوسيد داى فوسفاتيز ، x2 - منشط كاتيونى غير معروف .

(عن ميفام)

ونظراً لأن عملية التخمر الطبيعية بالكرش تحول الجزء الرئيسي من الكربوئدرات الى أحمال دهنية طيارة ، فانه يعتقد بأن هذه الاحماض وخاصة البربيونيك تكون اكثر أهمية كبادىء للاكتوز فى المجترات عن غير المجترات . والدراسة باستخدام المركبات

التى تحتوى على كربون معلم (ك١٤) أوضحت بأن هناك تفضيل للاستخدام البربيونات فى تخليق الاكتوز كما يستخدم حمض الخليك فى تخليق دهن اللبن . ومن جهة أخرى فان ذرات كربون البيوترات غالبا ما تتوزع بين الاكتوز ، الكازين والدهن . وأحد المكونات التى تتخلق بالغدة اللبنية - **الألفالاكتوالبيومين** - ثبت أنه جزء من المعقد الانزيمى المخلق للاكتوز Lactose synthetase complex ولذلك فان هذا المركب يعتقد بأن له دور بخلاف وجوده كجزء من مكونات اللبن . ومن المحتمل بأن بعض بروتينات اللبن الأخرى قد تنخرط فى هذا المسلك . وباكتمال تكوين الاكتوز يمر لتجويف الحويصلات اللبنية بطريقة تشبه مرور البروتين الذى قد يصاحبه اثناء مروره .

افراز المعادن Mineral Secretion :

يحتوى اللبن على عدد كبير من المعادن تختلف فى نسبة وجودها على حسب الحيوان وحالته . وفى الماشية يبلغ متوسط تركيزها باللبن كالاتى : الكالسيوم (٠,١٢٪) ، الفسفور (٠,١٠٪) ، الصوديوم (٠,٠٥٪) ، البوتاسيوم (٠,١٥٪) ، الكلور (٠,١١٪) . وكمية المغنسيوم والكبريت تبلغ تقريبا ١٢٠ ، ٣٠٠ جزء / مليون ، على الترتيب . بالاضافة لذلك توجد كميات بسيطة تقل عن جزء / مليون من العناصر الاثرية التالية الالمينيوم ، البورون ، الكوبلت ، النحاس ، الفلورين ، الايودين ، الحديد ، المنجنيز ، الموليبدينم ، السليكون ، الفضة ، الاسترانشيوم والزنك .

وتفرز المعادن من الخلايا الطلائية لحويصلات اللبن بطريقة الترشيح ، غير أن ثبات نسبة المعادن باللبن يوحى بوجود نظام يحكم مرور المعادن من الدم للبن . هذا النظام قد يكون مشابها لمضخة الصوديوم - البوتاسيوم التى تحكم تركيزهما بالسوائل الخلوية .

افراز الفيتامينات Vitamins Secretion :

يحتوى اللبن على معظم الفيتامينات المعروفة ، ولكن بعضها يوجد بكميات كبيرة والبعض يوجد بنسب قليلة ومستوى وجود معظمها يعتمد على الاختلافات بين وداخل الأنواع . والكائنات الحية الدقيقة بالكرش تخلق مجموعة فيتامينات « ب » ولذلك فان كمية هذه الفيتامينات فى لبن المجترات أقل اعتماداً على الغذاء عما فى حالة الحيوانات غير المجترة . فيتامين ك «K» لا يخلق فقط فى الكرش ولكن ايضا فى أمعاء معظم الحيوانات . وعليه فان محتوى اللبن من هذا الفيتامين قليل ولا يتأثر كثيراً بمستواه بالغذاء . فيتامينات أ ، د ، ى (A, D and E) لا تخلق بالكرش ولذلك فان مستواها باللبن

يعكس كميتها بالغذاء . وهذا حقيقى بالنسبة لفيتامين أ وبادؤه (الكاروتين) . فيتامين د الذى يوجد طبيعياً باللبن بكميات بسيطة لا يمكن زيادته كثيراً ماعدا فى حالة تغذيته بكميات كبيرة . أعطاء حمض الاسكوربيك من مصادر خارجية غير ضرورى لمعظم الثدييات فكمية هذا الفيتامين باللبن لا تتأثر كثيراً بالغذاء .

الكميات النسبية من الكاروتينات وفيتامين أ فى اللبن تعكس كمية هذه المكونات بالدم . فبعض الأنواع مثل الأغنام والماعز والخنازير تحول الكاروتينات الى فيتامين أ بحيث أن تركيز الكاروتينات فى لبنها يكون قليل جداً . ومن جهة أخرى فان لبن الماشية يحتوى كمية معقولة من الكاروتينات ، رغم اختلاف سلالات الماشية فى هذا الصدد . فالفريزيان مثلا ذو قدرة عالية فى تحويل الكاروتين لفيتامين أ ، ولذلك فإن لبنه يحتوى كمية ضئيلة من الكاروتين مقارنا بالجرسى .

افراز الهرمونات Secretion of Hormones :

الغدة اللبنية بجانب أنها هدفا للعديد من الهرمونات ، فإنها تعتبر غدة صماء . حيث أنها خلال مرحلة الحمل تخلق البروجستيرون والاستراديول والبروستاجلاندين $F_{2\alpha}$. افراز الغدة من البروجستيرون والبروستاجلاندين ليس له أثر فى زيادة مستواهم بالدم ، ولكن الاستراديول المفرز خلال نهاية الحمل يكون مسئولاً عن زيادة مستواه بالدم خلال تلك الفترة . ويؤكد دور الغدة اللبنية كغدة صماء أن ازالة الغدة من الماعز يؤدى إلى (١) قصر طول دورة الشياع ، (٢) يطيل فترة ظهور سلوك الشياع ، (٣) ربما يقصر طول فترة الحمل .

افراز المواد الأخرى Secretion of other compounds :

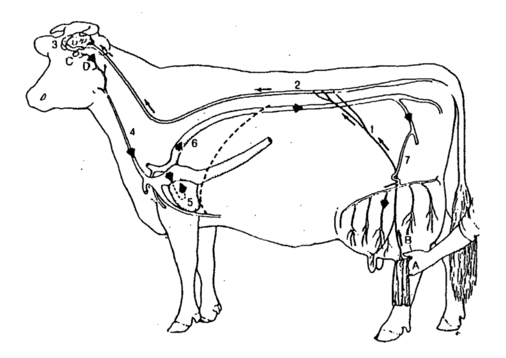
العقاقير تمر من الدم للبن بشكل عابر كما فى حالة مرور الايثير والكلورفورم . المضادات الحيوية تمر ايضا للبن وكذلك الحالة مع الكحول الذى يمر للبن ولكن بكمية بسيطة . مرور بعض هذه المواد للبن خاصة خلال فترات علاج الحيوانات قد يسبب مشاكل فى تصنيع اللبن حيث يؤدى مرور المضادات الحيوية لتأخير عملية تجبن اللبن بواسطة البكتريا المنتجة للاحماض .

ولقد ثبتت أن عديد من المواد التي تلوث الغذاء عرضيا تسبب ظهور الروائح النفاذة والغير مرغوبة باللبن . ولقد اتضح أن عديداً من المواد الطيارة المسببة للروائح النفاذة تكتشف بسرعة فى لبن الابقار عند اعطاءها عن طريق الرئة عما لو أعطيت بواسطة

القناة الهضمية . جزء كبير من غازات التجشؤ تمتص قبل عملية طردها ، وذلك يسهل امتاص المواد الطيارة التى تسبب الروائح النفاذه .

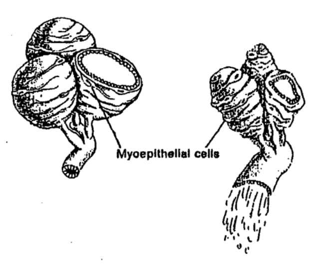
ثالثا : انزال اللبن Milk ejection :

أظهرت الدراسات العديد أن غالبية اللبن الذى يتم الحصول عليه عند كل حلبة يكون موجودا ومفرزا قبل بدأ عملية اخراج اللبن . فمع استمرار عملية افراز اللبن تمتلاء تجاويف الحويصلات اللبنية ويزيد الضغط بداخلها مما يجعل بعض اللبن يمر خلال القنوات وأحيانا يصل للمخازن Cisterns . اللبن الموجود فى القنوات الكبيرة والمخازن يسهل اخراجه ولكن اللبن الموجود داخل الحويصلات والقنوات الصغيرة فيحتاج لبعض القوة الطاردة لاخراجه وذلك لوجود اختناقات عند نقط تفرع القنوات . هذه العملية تتضمن تكامل الجهازين العصبى والهرمونى من خلال انعكاس هرمون عصبى Neurohormonal reflex (شكل ١٥ – ١٤) . مع بدأ عملية الرضاعة أو الحليب يحدث تنبيه للنهايات العصبية الموجودة بالحلمات أو غيرها من أعضاء الحس (الرؤية -



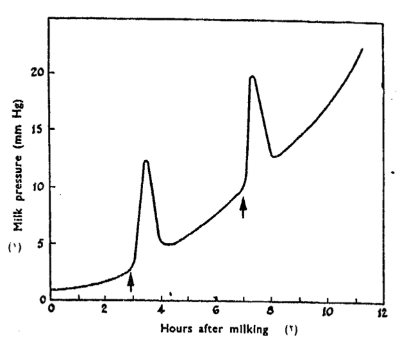
شكل (١٥ – ١٤) : الانعكاس العصبى الهرمونى للانزال اللبن . فالتنبيه العصبى (A) يؤدى لحدوث اثارة عصبية (B) تنتقل خلال العصب الاربى (1) للحبل الشوكى (2) والمخ (3) . يفرز المخ الاكسيتوسين (D) من النخامية الخلفية (C) . ينتقل الهرمون خلال الوريد الودجى (4) والقلب (5) الذى يدفعه خلال الاورطى (6) ليدخل للضرع خلال الشريان العورى الخارجى (7) مؤديا لانقباض الخلايا الطلائية العضلية التى تعصر الحويصلات اللبنية وتطرد منها اللبن . (عن شميث) .

السمع ...) وتكوين اشارات حسية تنتقل لتحت المهاد حيث يتم تخليق وتحرر هرمون الاكسيتوسين Oxytocin الذى ينتقل للنخامية الخلفية حيث تفرزه بالدم . ينتقل الهرمون للغدة اللبنية حيث يعمل على انقباض الخلايا الطلائية العضلية Myeoephithelial cells المغلفة للحويصلات التى تنعصر وتفرغ محتوياتها مما يرفع الضغط داخل الغدة الذى يكون أصلا مرتفعا نتيجة امتلاء الحويصلات والقنوات والمخازن باللبن (شكل ١٥ - ١٥ ، ١٦) . فاذا ما أنتظم سحب اللبن من مخزن الضرع للخارج فان ذلك يعمل على دفع اللبن من الحويصلات والقنوات لمخزن الغدة ثم مخزن الحلمة الى خارج الضرع .



كل ١٥ - ١٥ : انزال اللبن من حويصلات الضرع عند انقباض الخلايا الطلائية العضلية.(عن شميت).

رغم أنه من المعروف أن الضغط داخل الضرع فى ماشية اللبن قبل الحليب يتراوح في المتوسط حول ٤٠ مم زئبق فان الباحثين ويتزل وماكدونال Witzel & Mcdonal 1964 قدرا ان هذا الضغط يتراوح بين صفر - ٨ مم زئبق وأن غسيل الضرع ينبه نزول اللبن فى خلال ٢٠ - ٩٠ ثانية وينجم عنه زيادة واضحة فى الضغط داخل الضرع الى نحو ٣٥ - ٥٥ مم زئبق . ولقد وجد بعض البحاث الأخرين أن الضغط بعد عملية التنبيه يترواح من ٢٨ - ٤٥ مم زئبق . زيادة الضغط الحادثة عند تنبيه نزول اللبن تقل تدريجيا ببطيء حتى ولم يزال اللبن من الغدة (شكل ١٥ - ١٦) . واذا ما أزعج الحيوان أو أثير بعد انزال اللبن فان الضغط الداخلى للغدة اللبنية ينخفض مباشرة مما ينجم عنه استحالة تفريغ الضرع من اللبن . ويحدث انخفاض الضغط داخل الضرع نتيجة لافراز هرمون الابنفرين Epinephrine من نخاع الغدة الجاركلوية ويستمر افرازه الى أن يهدأ الحيوان .



شكل ١٥ - ١٦ : منحنى ضغط اللبن داخل ضرع الابقار فى الفترة بين حلبتين
. السهم يشير لحدوث تنبيه الحليب دون ازالة للبن . (عن فراندسون)•

(١) ضغط اللبن بالضرع (٢) ساعات بعد الحليب

الكمية المفرزة من الاكسيتوسين بالدم تعتمد على مدة ودرجة تنبيه الحلب أو الرضاعة ولا تعتمد على كمية اللبن الموجود بالغدة اللبنية . أما الكمية الموجودة بالدم فتعتمد على الوقت المنقضى بعد وقت التنبيه حيث تقل بمرور الوقت . ويزاح الاكسيتوسين بسرعة من الدم حيث أن نصف عمره فى الابقار والماعز حوالى ١ - ١,٥ دقيقة وقد يزيد عن ذلك فى الارانب (٣,٥ دقيقة) والقطط (٨,٥ دقيقة) . ولذلك فلكى يتم اخراج اللبن كله فان عملية الحلب يجب أن تتم بسرعة بمجرد حدوث انعكاس افراز اللبن .

ويبدوا أنه من المنطقى أن الكمية القصوى من اللبن يحصل عليها من البقرة الحلوب عند حلبها على فترات متساوية (١٢ ساعة عند الحلابة مرتين يوميا أو ٨ ساعات عند الحلابة ثلاث مرات يوميا) . النقص الناتج عن الحلابة على فترات غير متساوية قد يكون أقل كثيرا عن المتوقع . ففى الابقار التى تنتج ١٣ ألف رطل لبن معدل (٥٨٨٩ كجم) لكل سنة وجد أن استعمال فترات ١٤ ، ١٠ ساعات يقلل كمية اللبن الناتجة بحوالى ٠,٣٪ فقط عما لو حلبت كل ١٢ ساعة . والأكثر من ذلك أن النقص الحادث عند تغير الفترة بين كل حلبتين إلى ١٦ ، ٨ ساعات يكون تقريبا ١,٦٪ فقط. ولم تلاحظ تغيرات كبيرة فى محتوى اللبن من الدهن والجوامد الصلبة الكلية . كما أنه لم تظهر أعراض

مرضية ضارة على الضرع أو حالة كيتوزس Ketosis عند عدم تساوى فترات الحليب .

حقن الاكسيتوسين للابقار وازالة اللبن المتبقى Residual Milk من الضرع يؤثر على تركيب اللبن الناتج فى عدة حلبات تالية ، الأمر الذى ربما يرجع الى التأثير على نفازية الخلايا الطلائية للغدة . ويقل محتوى اللاكتوز فى حين أن تركيز الصوديوم والكلوريد وبروتينات الشرش يزيد .

الابقار التى تحلب باستمرار خلال الحمل فان انتاج اللبن يقل حتى ٣ أسابيع أو أقل قبل الولادة وبعد ذلك يزيد تدريجياً . الزيادة الواضحة فى البروتينات عند نهاية الحمل فى الابقار التى تحلب باستمرار يشير الى أن بروتين السرسوب يفرز قبل عدة أيام من الولادة . فى هذه الابقار فان محتوى الاكتوز بالسرسوب يكون أقل قليلا عن ذلك الموجود فى الابقار التى يوقف حلبها قبل الولادة بعدهاسابيع. الحلب المستمر خلال الحمل يقلل انتاج اللبن فى موسم الحليب التالى الامر الذى يعزى غالباً للتأثير الحادث داخل الضرع اكثر عن ذلك الحادث للحيوان عموما ، حيث أن هذا الانخفاض لوحظ عند أعطاء نصف الضرع فترة جفاف فى حين أن النصف الآخر حلب باستمرار .

الامتناع المؤقت عن حلب ربعين من ضرع الابقار لمدة أسبوعين لا يسبب الاضمحلال الكامل للغدة . عند استئناف الحليب ، فان محتوى اللبن من الصوديوم والكلوريد يرتفع فى حين أن محتواه من الاكتوز والبوتاسيوم يقل . ويرتفع انتاج اللبن تدريجيا لمستواه الطبيعى خلال فترة ٨ أسابيع .

ويتم اخراج اللبن Milk removal من الضرع بعده طرق أهمها الرضاعة Suckling أو الحليب Milking . ضغط اللبن الموجود بالضرع قبل الحليب أو الرضاعة اكبر من الضغط الجوى خارج الضرع ولكن اللبن لا يخرج من الضرع نظراً لوجود العضلات الدائرية المحيطة بقناة الحلمة وتلك الموجودة بين خزانى الحلمة والغدة . وعند الرضاعة أو الحليب تستخدم عدة طرق للتغلب على قوة هذه العضلات التى تمنع نزول اللبن وهى :

١ - **الرضاعة Suckling** : وفيها يقوم النتاج الصغير بخفض الضغط أى عمل تفريغ فى الفم بمساعدة اللسان . وبالتالى يزيد الفرق فى الضغط بين داخل وخارج الضرع فينزل اللبن فى الفم .

٢ - الحليب Milking : **ويتم بطريقتين يدوية وآلية :**

(أ) الحليب اليدوى Hand Milking وهو يتم بواسطة القبض على حلمة الحيوان

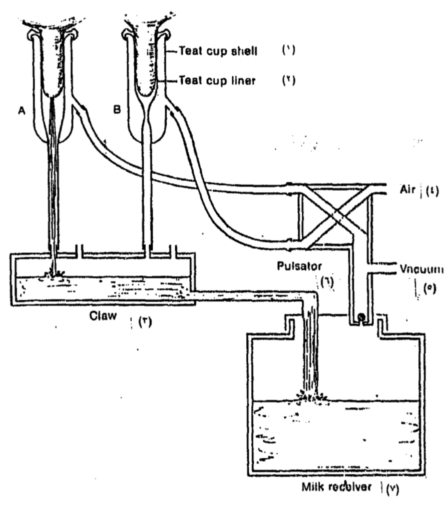
باليد اليسرى أو اليمنى ثم يغلق أعلى تجويف الحلمة ويضغط على بقية تجويف الحلمة لطرد اللبن من خلال فتحتها . بعد ذلك يرفع الضغط من على الحلمة فينزل اللبن من تجويف الغدة الى تجويف الحلمة حيث تكرر العملية حتى نهاية الحليب . وهذه الطريقة الأكثر انتشاراً فى مصر .

(ب) الحليب الآلى Machine milking : وهو يعتمد على احداث تفريغ حول وأسفل الحلمة بداخل كاوتش أكواب Teat cup liner ويكون نتيجة ذلك خروج اللبن من مخازن الحلمة والغدة حيث يتم تجميعه فى أقساط أو بواسطة أنابيب . عند زوال التفريغ ترجع كاوتش الأكواب الى حالتها الطبيعية محدثة تدليكا للحلمة وبالتالى مرور الدم بها . وتكرر هذه العملية بواسطة نابض Pulsator حتى نهاية الحليب (شكل ١٥ - ١٧) . وعادة ما تستغرق فترة الحليب نحو ٣ - ٤ دقائق وقد تطول عن ذلك فى حالة الابقار عالية الانتاج أو تلك التى فيها سرعة الحليب بطيئة .

وهناك عدة عوامل ميكانيكية تؤثر على سرعة الحليب وكفاءته وهى تشمل مستوى التفريغ Vacuum level، معدل ونسبة النبض Pulsation rate and ratio ومواصفات اكواب الحلمات Teat cup . ومستوى التفريغ المستعمل عادة مع الابقار يبلغ نحو ١٥ بوصة زئبق (٣٥ سم زئبق) ويزيد عن ذلك مع الجاموس ليصل ١٨ - ٢٠ بوصة زئبق (٤٠ - ٤٥ سم زئبق) وذلك للتغلب على صعوبة حلب الجاموس . زيادة التفريغ تؤدى لزيادة سرعة الحليب وبالتالى انخفاض الوقت المستغرق فى عملية الحلب ولكن هذا يعارضه زيادة حدوث حالات التهاب الضرع Mastitis .

المقصود بمعدل النبض Pulsation rate هو عدد دورات التفريغ والضغط الجوى فى الدقيقة فى حين نسبة النبض Pulsation ratio يقصد بها مقدار وقت التفريغ الى وقت الضغط الجوى العادى داخل دورة النبض الواحدة . وعادة ما تضبط ماكينات الحليب على معدل نبض ٤٠ - ٦٠ / دقيقة ونسبة نبض ٥٠:٥٠ . زيادة أى من العاملين يزيد من سرعة الحليب وخاصة فى الماكينات ذات التفريغ القليل .

أما بالنسبة لأكواب الحلمات فقد تصنع الأكواب الخارجية Teat cup shell من البلاستيك أو المعدن حسب الشركة المنتجة وعند صناعتها من البلاستيك غالبا ما يكون وزن مجمع أكواب الحلمات Claw أثقل . كما أن كاوتش



شكل ١٥ - ١٧ : ماكينة الحليب . اللبن يخرج من الحلمات بواسطة التفريغ عندما يكون الكاوتش مفتوح (A) . ويتحرك اللبن من خلال مجمع الاكواب Claw للوعاء المستقبل . وعندما يحدث النابض القباض لكاوتش الأكواب (B) فان نزول اللبن يتوقف . (عن شميت)

(١) الجدار الخارجى للكوب (٢) الجدار الداخلى للكوب (٣) المجمع (٤) هواء (٥) تفريغ (٦) نابض (٧) مستقبل اللبن

أكواب الحلمات Teat cup liner قد تختلف سعة فتحته بين ٢٠ - ٢٦ مم وغالبا ما تستعمل السعات الكبيرة مع الحيوانات ذات الحلمات ذات الاقطار الواسعة مثل الجاموس . وعموماً فان أكواب الحلمات تؤثر على سرعة الحليب وحالة الضرع . وعليه فللحصول على أعلى كفاءة فى تشغيل ماكينة الحليب يجب ضبط هذه العوامل السابقة حتى يمكن الحصول على أكبر قدر ممكن من اللبن وفى وقت قصير وبدون أحداث ضرر للحيوانات حتى يتحقق أكبر عائد ممكن من استخدام الات الحليب .

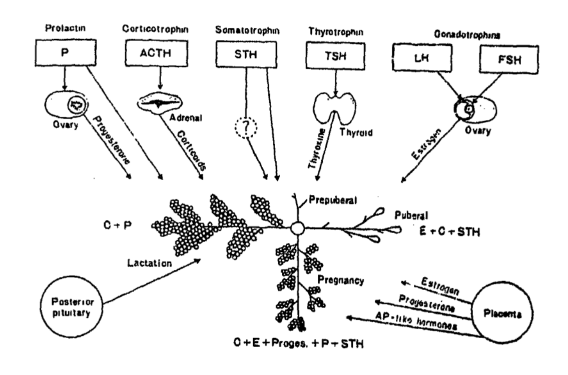
التنظيم الهرمونى العصبى لإنتاج اللبن
Hormonal and Neural Control of Lactation

تعتبر عملية إدرار اللبن من العمليات الفسيولوجية فهى جزء من عملية التكاثر بالثدييات ويتضح فيها مدى تآذر الأجهزة المنظمة بالجسم ، حيث يتكامل الجهازين العصبى والهرمونى فى جميع مراحل عملية إنتاج اللبن بدأ من نمو الغدة Mammogenesis ، وبدأ إفراز اللبن lactogenesis واستمرار إفراز اللبن Galacto-poiesis . وبعدها يخرج اللبن من الحويصلات عبر قنوات اللبن عند الحليب أو الرضاعة . هذه العمليات تخضع بدرجات مختلفة لسيطرة الهرمونات والأعصاب .

أولاً : التنظيم الهرمونى : Hormonal Control

إفرازات الغدد الصماء (الهرمونات) شديدة الإرتباط بنمو الغدة اللبنية . فهرمونات الفص الأمامى للغدة النخامية Pituitary gland التى ترتبط بشكل مباشر أو غير مباشر بنمو الغدة وإفراز اللبن تشمل الهرمون منبه الغدة الدرقية TSH ، هرمون النمو GH ، الهرمون منبه قشرة الادرينال ACTH ، الهرمون منبه تكوين الحويصلات المبيضية FSH ، هرمون التبويض LH وهرمون البرولاكتين Prl . ويخضع إفراز هذه الهرمونات لسيطرة منطقة تحت المهاد بالدماغ . حيث يفرز تحت المهاد- هرمونات عصبية تعمل مباشرة على النخامية الأمامية لتشجيع أو تثبيط إفراز هذه الهرمونات . ويشارك هرمونات الثيروكسين ، هرمون النمو والكورتيكوستيرويدات فى النمو العام للغدة اللبنية وتطورها (شكل ١٥ ـ ١٨) .

عند النضج الجنسى يظهر تأثير الهرمونات المشجعة للمبيض Gonadotrophins فتحت تأثير الـ FSH تنمو الحويصلات المبيضية التى تفرز الاستروجين Estrogen . ويقوم هرمون التبويض LH بالتعاون مع الـ FSH بتسهيل عملية التبويض وتكوين الجسم الأصفر الذى يفرز البروجستيرون Progesterone . وبصفة عامة فإن الاستروجين لوحدة يحدث نمو القنوات اللبنية فى حين أن البروجستيرون يحدث نمو النظام الفصيصى الحويصلى . غير أن هناك بعض الاختلافات النوعية . ففى القطط والفئران والأرانب السليمة تؤدى الجرعات المتوسطة من الاستروجين لحدوث النمو القنوى ، ولكن فى خنازير غينيا والقردة السليمة فهذا الهرمون يحدث أيضا النمو الفصيصى الحويصلى . وفى الماعز يسبب الاستروجين نموا غير طبيعيا للغدة وإفراز لبعض اللبن . ونفس الشيء يحدث تقريبا فى الفصيلة البقرية حيث أن الاستروجين لوحدة فى هذه الأنواع يظهر معه



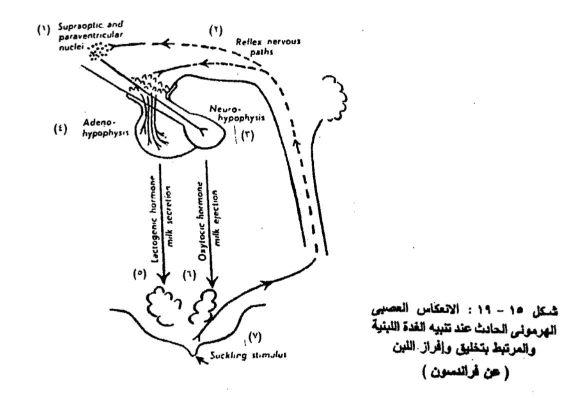
شكل ١٥ – ١٨ : رسم توضيحى يظهر فعل الهرمونات المختلفة فى نمو الغدة اللبنية وإفراز اللبن . من أعلى الغدة اللبنية الأولية ، من الجهة اليمنى الغدة اللبنية قبل بدأ وأثناء البلوغ ، من أسفل الغدة اللبنية قبل بدأ النشاط خلال الحمل ومن الجهة اليسرى الغدة المفرزة للبن بعد الولادة . (عن جانونج)

حويصلات كبيرة . أما فى الكلاب فالاستروجين لوحدة لا يسبب تطور القنوات . ولإكتمال تطور الغدة اللبنية فى مختلف الأنواع يلزم توافر الاستروجين والبروجستيرون وكذلك هرمونات الغدة النخامية . النسبة بين الاستروجين والبروجستيرون هامة وتختلف حسب النوع ، ولكن عادة ما يلزم زيادة البروجستيرون عن الاستروجين . ولقد لوحظ أن الاستروجين والبروجستيرون لا تحدث تطورا للغدة اللبنية فى الحيوانات منزوعة النخامية ، حيث يبدوا أن هرمونى النمو والبرولاكتين لازمين لهذه العملية . وهناك تعاون بين هرمونات النخامية (خاصية هرمونى النمو والبرولاكتين) وهرمونات المبيض . وتعمل المشيمة Placenta كمصدر للاستروجين والبروجستيرون فى بعض الأنواع كما أنها تفرز هرمونات مشابهة لهرمونات النخامية .

البرولاكتين والهرمون منبه قشرة الادرينال ACTH (الذى يعمل من خلال الادرينال) لازمين لبدء واستمرار إفراز اللبن . ويبدوا أن هناك زيادة واضحة فى

محتوى الغدة النخامية من هرمون البرولاكتين تحدث قبل الولادة مباشرة . ولقد افترض أن هذه الزيادة مرتبطة بالكمية النسبية من هرمونى الاستروجين والبروجستيرون بالدم . ولقد لوحظ حدوث زيادة فى نشاط الهرمون منبه قشرة الادرينال ACTH عند الولادة . ومعاملة الأبقار والأرانب والفئران الحامل بهرمونات قشرة الادرينال يمكن أن يبدأ إفراز اللبن بدون ضرر للحمل . وسواء البرولاكتين أو هرمونات قشرة الادرينال يمكن أن يبدأ إفراز اللبن فى الأرانب الحامل ويمكن أن يتعاون الهرمونين عند اعطائهما معا . والأنسيولين يمكن أن يحفز تكاثر أو توالد خلايا طلائية جديدة ، أما الهيدروكورتيزون فيشجع تطور أنظمة التخليق بالخلية الحديثة (مثل الشبكة الاندوبلازمية الخشنة) . والبرولاكتين يسبب تسهيل تخليق بروتين اللبن . الهرمونات الأخرى (مثل هرمونى النمو والثيروكسين) فتؤثر على كمية اللبن المفرزة ولكنهما قد يكونا غير لازمين لحدوث إفراز اللبن Lactation (شكل ١٥ ـ ١٨) . ولقد أدى حقن الاستراديول Estradiol والتستستيرون Testosterone لخفض إنتاج اللبن من الأبقار والأغنام . الجرعات الصغيرة تؤدى لإنتاج لبن يشبه السرسوب فى حين أن الجرعات الكبيرة فتؤدى لإفراز مائى ومتخثر . ويبدو أن هذا التأثير يعزى لأثر الهرمونات المحقونة على الغدة النخامية .

يعتبر هرمون الاكسيتوسين Oxytocin المفرز من النخامية العصبية ذو أهمية خاصة فى إفراز اللبن . ففى الحيوانات الحلابة يرتبط الاكسيتوسين بعملية إخراج اللبن milk removal حيث يسبب إنقباض الخلايا الطلائية العضلية المحيطة بالحويصلات اللبنية والقنوات الصغيرة مما يدفع اللبن لخارج هذه الأماكن عبر مخازن الغدة والحلمة ومنها للخارج . وعملية إخراج اللبن يمكن أن تبدأ بعدة طرق فتحت الظروف العادية تتأثر بالرضاعة Suckling من خلال نهايات الأعصاب الحسية Afferent nerves بالحلمات والتى ينجم عن تنبيهها تحرر الاكسيتوسين الذى يحمل بواسطة الدم للضرع مسببا انقباض الخلايا الطلائية العضلية . كما أن التنبيه العصبى الحادث عند الرضاعة أوالحليب يشجع إفراز الهرمونات الأخرى المشجعة لإفراز اللبن Lactogenic hormones مما يؤدى لزيادة تخليق مكونات اللبن وإفرازه (شكل ١٥ ـ ١٩) . غير أن هناك عوامل أخرى عديدة يمكنها أن تبدأ هذا الإنعكاس العصبى الهرمونى Neuro-hormonal reflex . ففى الماشية يمكن أن تحدث هذه الاستجابة عند غسيل أو تدليك الضرع قبل الحلب ، صوت ماكينات الحليب ، التواجد فى منطقة الحليب ورؤية النتاج . انعكاس نزول اللبن ليس له نفس الأهمية الفسيولوجية فى كل الأنواع ، ففى الماعز والأغنام يمكن وقف الانعكاس ومع ذلك يظل انتاج اللبن طبيعيا إذا ما حلبت الحيوانات بعناية .



شكل ١٥ - ١٩ : الانعكاس العصبى الهرمونى الحادث عند تنبيه الغدة اللبنية والمرتبط بتخليق وإفراز اللبن (عن فرانسون)

(١) النواتين الفوق بصرية والجاربطنية (٢) مسلك الانعكاس العصبى (٣) النخامية العصبية (٤) النخامية الغدية (٥) الهرمونات المفرزة للبن (٦) هرمون الاكسيتوسين المخرج للبن (٧) تنبيه الرضاعة

وهذا قد يرجع إلى أن تركيب ضرع هذه الحيوانات يسهل انقباض الحويصلات نتيجة التدليك أو الحليب .

إثارة الحيوان تتعارض مع عملية إخراج اللبن وهو ما يفسر بحدوث إفراز لهرمون الابنفرين Epinephrine من نخاع الادرينال وهو يسبب انقباض الشعيرات والأوعية الدموية بالضرع مما يقلل من كمية الاكسيتوسين المارة خلال شعيرات الدم . ومن ناحية أخرى يعتقد بحدوث تثبيط لانعكاس إخراج اللبن يحدث فى المخ ويكون ذو أهمية أكثر عن تأثير الابنفرين .

ولقد درس تأثير إعطاء الهرمونات الأخرى مثل الثيروكسين فى ماشية اللبن وذلك بالمعاملة بالكازين اليودى Iodinated casin المسمى بالثيروبروتين Thyroprotein والمحتوى على هرمون الثيروكسين . وإعطاء هذا المركب للأبقار جيدة التغذية وبالكمية المناسبة يؤدى لزيادة التمثيل القاعدى وبالتالى تشجيع إفراز اللبن . غير أن درجة ومدى التأثير والاستجابات الفسيولوجية الأخرى متغيرة . كذلك فإن المعاملة بهرمون النمو يشجع إفراز اللبن بصورة معقولة مما جعل البعض ينصح باستخدامه

خاصة بعد توافر هرمون النمو المخلق صناعيا باستخدام طرق الهندسة الوراثية منذ عام ١٩٨٥ .

ثانياً : التنظيم العصبى Neural Control

نمو الغدة اللبنية يخضع أساسا لسيطرة الهرمونات حيث أمكن إحداث النمو والإفراز فى الغدد المفصولة الاتصال العصبى . رغم ذلك فإن للجهاز العصبى دورا فى تنظيم نمو الغدة أكده أن الفئران الحامل التى تمنع من لعق أو لحس مؤخرتها يكون نمو غددها اللبنية حوالى نصف النمو الحادث فى الفئران الحرة . ولقد فسر هذا بأن التنبيه الحادث عن اللعق قد يسبب إفراز البرولاكتين وغيره من هرمونات النخامية .

عملية بدء إفراز اللبن قبل الولادة مباشرة يتدخل فيها الجهاز العصبى مع الهرمونات . حيث أن وصول الجنين لحجم معين قد يعمل على تنبيه إفراز هرمون البرولاكتين وهرمون منبه قشرة الادرينال ACTH من النخامية مما يعمل مباشرة أو بطريقة غير مباشرة على بدء إفراز اللبن . وعند الولادة فإن التنبيه العصبى الناجم عن خروج الجنين يؤدى لإفراز الاكسيتوسين بكميات كبيرة الأمر الذى يعقبه إفراز كميات كبيرة من اللبن .

المحافظة على إفراز اللبن Maintenance of Lactation ومنع اضمحلال Involution الغدة فى معظم الأنواع يعتمد على استمرار تنبيه الرضاعة أو الحليب وإزالة اللبن من الغدة . فتنبيه النهايات العصبية بالضرع ينتقل للجهاز العصبى المركزى الذى ينظم مرور الدم بالغدة اللبنية وبالتالى تمويلها بالهرمونات وبوادىء مكونات اللبن . كذلك فإن هذا التنبيه يؤثر على المراكز العصبية بتحت المهاد خاصة تلك التى تنظم شهية الحيوان للأكل والشرب وتنظم إفراز الهرمونات المسيطرة على النخامية مما يؤثر على نشاط الغدة اللبنية .

الفصـل الخـامـس عشــر

النمـــو

Growth

ترتبط وظيفة الحيوان بتكوين جسمه ، كما يرتبط تكوين جسم الحيوان بظاهرة النمو . ولقد اتضح أن كل محتويات الخلية تدخل فى تفاعلات كيماوية مستمرة هى عمليات بناء وهدم . فخلايا الدم مثلا تدخل فى عمليات تسبب بنائها وأخرى تسبب هدمها ، كما وأن هناك حاجة دائمة لعوامل النمو المساعدة كالهرمونات والفيتامينات وكذلك لمواد البناء كالأحماض الأمينية والسكريات والأملاح لتعويض الفقد أو الهدم الحادث بالجسم . والواضح أن عمليات البناء تكون أكثر وضوحا خلال مراحل النمو المختلفة ، وإنه لمن المدهش حقا تحول البويضة المخصبة إلى جنين كامل التكوين .

والنمو Growth وظيفة كل الكائنات الحية ويمكن أن يعرف ببساطة بأنه زيادة فى حجم و / أو كتلة جزء أو كل الجسم خلال فترة زمنية معينة . غير أن هذه الظاهرة تتضمن كثيرا من العمليات المعقدة . والنمو الحقيقى يعرف بأنه زيادة غير معكوسة فى كتلة البروتوبلازم بالكائن الحى . والزيادة فى عدد أو حجم الخلايا أو فى طول أو كتلة أو حتى فى عشيرة أى كائنات كلها صور مختلفة للنمو . ويلاحظ أن النمو يختلف عن التطور Development الذى يعرف بأنه تنسيق بين العمليات المختلفة للوصول لحالة إكتمال النضج الجسمى والتكوين العام لأجهزة الجسم . أما التسمين Fattening فهو دفع الحيوان لزيادة وزنه بمعدل أكبر عن العادى ولأقصى حد يسمح به التركيب الوراثى وذلك عن طريق تغذية خاصة . وقد يصحب التسمين نموا إذا أجرى فى عمر مبكر .

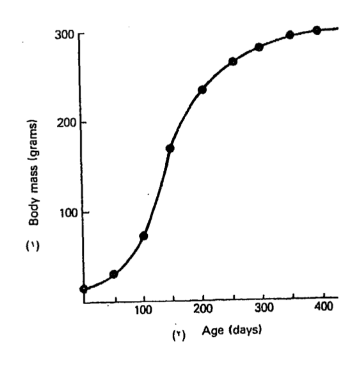
مقاييس النمـــو Measures of growth

تقدير النمو يجب أن يعتمد على اختيار الوحدة التى تشرح جيدا نوع التغير الفسيولوجى المطلوب تقديره . فعندما نتعامل مع الحيوان ككل ، فإن أى وحدة تختار ستمثل تقريبا المجموع الجبرى للعديد من التغيرات والتى تعكس الزيادة وكذلك الفقد فى مكونات الجسم وليست بالضرورة تدل على تجمع البروتوبلازم بذاته . فمثلا معظم الزيادة فى وزن ماشية اللحم تكون فى صورة دهن مخزن أكثر عما تكون زيادة فى البروتين أو الهيكل . وفيما يلى أهم الطرق المستخدمة لمعرفة نمو الحيوانات .

١ - منحنى النمو : Growth Curve

يمكن تقدير النمو فى الكائنات الحية بواسطة عمل منحنى النمو الذى يوضح معدل زيادة الوزن أو الطول فى فترة من الزمن . شكل هذا المنحنى يكون اسى Sigmoid curve (يشبه شكل حرف S) أيا كانت وحدة القياس المستخدمة مثل الكتلة ، الطول أو ارتفاع الكائن الحى (شكل ١٥ ـ ١) .

وفى العشيرة تمثل كل وحدة بواسطة كائن حى وشكل منحنى النمو يصف التغيرات فى عدد من الأفراد مع الوقت . ومن جهة أخرى فإن تغير حجم كائن واحد يتأثر بعدد وحدات الخلايا الموجودة فى أى وقت . وبمعنى آخر فإن معدل الزيادة خلال النمو يكون متناسبا مع عدد الوحدات الفردية التى تستطيع إكثار نفسها فى أى وقت محدد . ونظرا لأن هذه الزيادة لا تستمر بغير حدود ، فإن منحنى النمو فى النهاية يصف معدل النقص الراجع لبعض العوامل المثبطة مثل تضاؤل المواد الغذائية أو تراكم الفضلات .



شكل ١٥ ـ ١ : منحنى النمو فى فئران التجارب
(عن هيث وأوليسانيا)

(١) وزن الجسم (٢) العمر (يوم)

النمو عادة ما يعبر عنه رياضيا كمتوسط لمعدل الزيادة فى المعيار أو الصفة المقدرة لكل وحدة وقت . فمثلا فى مجال رعاية الحيوان غالبا ما يفضل إستخدام متوسط الزيادة اليومية فى وزن الحيوان Average daily mass gain الذى يمكن حسابه بوزن الحيوان أولا (w_1) عند زمن معين (t_1) ثم وزنه ثانيا (w_2) بعد فترة زمنية (t_2) . ومن هذه القيم يتم حساب متوسط الزيادة فى فترة زمنية ما وكذلك معدل الزيادة النسبية فى الوزن Relative Growth rate من المعادلات التالية :

$$\text{متوسط الزيادة فى فترة زمنية} = \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{معدل الزيادة النسبية} = \frac{w_2 - w_1}{w_1}$$

منحنى النمو التجميعى Cumulative growth curve ذو الشكل الاسى (شكل ١٥ ـ ١) يتضح منه أن النمو يكون سريعا فى المراحل الأولى من العمر ولكن مع تقدم الحيوان فى العمر تقل الزيادة فى الحجم أو الوزن تدريجيا حتى يقف النمو فى النهاية . النقطة التى تقف عندها الزيادة فى النمو تعرف بنقطة الإنعكاسى أو الإنقلاب Point of inflexion or reversal . الزمن الذى تحدث عنده نقطة الإنقلاب فى منحنى النمو ذو أهمية إقتصادية لأن كمية الغذاء الحافظ المطلوبة للحيوان تزيد مع زيادة حجمه وبعدها يقل العائد الإقتصادى من النمو . وفى الحيوانات الزراعية ، فإن هذه النقطة تكون متوافقة مع وصول الحيوان للبلوغ أى بدأ ظهور الوظائف التناسلية كما يتضح من تحرر الحيوانات المنوية والبويضات . ويحدث البلوغ متأخرا فى الأبقار ذات الأصل الهندى Bos indicus والجاموس عن أبقار المناطق الباردة Bos taurus (جدول ١٥ ـ ١) . وأوضحت الدراسات أن هذا التأخير يتراوح بين ٤ ـ ٢٠ شهر اعتمادا على السلالة . تأخير وصول ماشية الزيبو والماشية المصرية للبلوغ يمكن إسراعه بواسطة تحسين التغذية والإنتخاب وعلى العكس فإن الدواجن المحلية بالمناطق الحارة وبما تصل لعمر البلوغ أسرع عن سلالات المناطق المعتدلة ولكن حجمها عادة ما يكون أصغر .

٢ – الزيادة الخطية Linear increase أو تغيرات الشكل Changes in form

نمو الكائن الحى يمكن تقديره فى صورة الزيادة الخطية . وهذا القياس فى الثدييات المستأنسة يمثل أساسا بواسطة التغيرات فى حجم الهيكل . وبذلك فنمو الحيوان يمكن معرفته عن طريق قياس الزيادة فى الجسم بواسطة تقدير مقاسات الجسم المختلفة .

جدول ١٥ ـ ١ : عمر البلوغ فى بعض الحيوانات الزراعية (شهر)

النوع	ذكور	إناث
الماشية (الأوربية)	٨ - ١٠	٨ - ١٣
الماشية (الهندية)	١٢ - ١٣	١٢ - ٢٣
الجاموس	١٨ - ٢٤	١٢ - ٢٠
الأغنام	٦ - ١٢	٦ - ١٢
الخيل	٢٤	١٨ - ٢٣
الخنازير	٥ - ٦	٧
الأرانب	٥ - ٦	٤ - ٥

وعند التحكيم بين الحيوانات فإن الفرد ببصره يستطيع معرفة حجم وتركيب أجزاء الجسم المختلفة ويكون فكرة عن قيمة الحيوان . وفى الحيوانات الكبيرة وحيوانات التسمين يعتبر طول الجسم وعمق أو محيط الصدر من المعايير التى تدل على حجم ووزن الحيوان . ونظرا لأن حجم وشكل منطقة الكفل وطبيعة الدهن المترسب من العوامل الهامة فى تقدير قيمة الذبيحة ومعرفتهم فى الحيوانات الحية صعبة فهذا يقلل من قيمة هذه الطريقة فى تقدير عملية النمو .

ولقد وضع هاموند Hammond, 1932 أسس نظرية النمو التميزى Differential growth إعتمادا على تقدير مقاييس الأعضاء والأنسجة المختلفة للأغنام بعد ذبحها عند فترات مختلفة من التطور . وظهر أن أجزاء الجسم المختلفة تنمو بسرعات مختلفة فمثلا أقصى سرعة لنمو الجهاز العصبى تحدث فى عمر مبكر فى حين أن العظام ، العضلات والدهن تليه فى سرعة النمو بنفس الترتيب . وعليه فإن نسبة العضلات بالذبيحة تزيد بتقدم العمر لحد معين . وقياس هذه الإختلافات لها أهمية أخرى عملية حيث تفيد فى معرفة عمر النضج وكفاءة النمو والقدرة الوظيفية وعلاقتها بالتغيرات التركيبية للحيوان .

٣ - تقدير تركيب زيادة الوزن composition of gain

رغم أن منتجى الحيوانات يهمهم فى المقام الأول معدل الزيادة اليومية فى الوزن ، فإنهم يهتمون أيضا بتركيب هذه الزيادة . فحيوان اللحم لكى يكون مقبولا من المستهلك فإن لحمه يجب أن يستوفى بعض الشروط مثل ترسيب بعض الدهن فى اللحم الأحمر أى اللحم المرمرى مع زيادة نسبة اللحم إلى العظم .

وهناك عديدا من الطرق التى تسهل معرفة تركيب اللحم بالحيوان الحى . وهذه الطرق معظمها يعتمد على حقيقة أن نسبة الماء الكلى بالجسم الخالى من الدهن

ثابتة . ونظراً لأن كمية الماء بالأنسجة الدهنية بسيطة جدا مقارنة بكمية الماء بالجسم كله فأى إختلاف فى نسبة الماء الكلية بالجسم ترجع أساسا لكمية الدهن الموجودة . ويمكن تقدير كمية الماء الكلية بالجسم Total body water (TBW) إعتمادا على طرق التخفيف المختلفة التى تتضمن حقن الحيوان بكمية معينة من مادة يمكن تتبعها مثل الانتيبيرين Antipyrine أو اليوريا Urea أو الماء المعلم Triteated water (TOH) . وبعد وقت معين تؤخذ عينات دم من الحيوان ويقدر فيها تركيز هذه المادة . ومن النسبة بين التركيز الأساسى إلى التركيز النهائى يمكن حساب كمية الماء بالجسم . وباستخدام هذه القيمة يمكن حساب وزن الجسم الرطب الخالى من الدهن Fat free wet weight (FFWW) ووزن الجسم الجاف الخالى من الدهن Fat free dry weight (FFDW) وكذلك دهن الجسم Body fat (BF) من المعادلات الآتية :

$$FFWW = TBW / 0.732$$
$$FFDW = FFWW - TBW$$
$$BF = \text{Live weight (LW)} - FFWW$$

وهناك طريقة تستعمل الكثافة النوعية للذبيحة للإستدلال على تركيب الذبيحة ، ولكن نظراً لأنها تقدر فقط بعد الذبح فإنه لا يمكن تتبع التغيرات الحادثة خلال فترات النمو أو التسمين فى الحيوانات الحية . الكثافة النوعية للدهن (S_f) والكثافة النوعية للجسم الخالى من الدهن (S_{ff}) تكون نسبيا ثابتة للنوع الحيوانى الواحد . ويمكن معرفة الكثافة النوعية للذبيحة (S_c) بسهولة من حساب نسبة الاختلاف بين الوزن فى الهواء والوزن فى الماء . ومن هذه المعايير الثلاثة يمكن حساب نسبة الدهن من المعادلة التالية :

$$Fat\ \% = (S_{ff} - S_c) / (S_{ff} - S_f)$$

فمثلا فى لحوم العجول تكون الكثافة النوعية للدهن 0.894 وكثافة الجسم الخالى من الدهن 1.155 ، فإذا علمنا أن الكثافة النوعية للذبيحة تكون مثلا 1.059 فإنه يمكن باستخدام هذه القيم معرفة أن نسبة الدهن باللحم تعادل :

$$(1.155 - 1.059) / 0.261 = 36.8\%$$

ورغم أن طريقة تقدير تركيب مكونات الذبيحة قد تكون مكلفة وتستغرق وقتا طويلا ولا يسهل إجراؤها مباشرة بواسطة مربوا الحيوانات ، غير أنها تعتبر وسيلة مفيدة فى تقيم التغير فى النمو الكيماوى بحيوانات اللحم . فمثلا معرفة تأثير تغير الحالة الغذائية ، تأثير المعاملات الهرمونية والتأثيرات الوراثية على التغيرات التمييزية فى مكونات الجسم الأساسية تمثل أهمية لمنتجى الحيوانات .

٤ - تقدير معامل تحويل الغذاء Conversion factor

أحياناً يقاس النمو بتقدير معامل تحويل الغذاء إلى وحدات زيادة فى وزن الحيوان . وقد يكون هذا المقاس مفيدا خلال مرحلة التسمين وليس خلال مرحلة النمو ، حيث أنه فى مراحل النمو المبكرة فإن القناة الهضمية تمثل الجزء الأكبر من وزن الجسم الحى أما ترسيب البروتين (تكوين العضلات) فيكون مصحوبا باحتجاز ٤ أجزاء من الماء لكل جزء واحد من البروتين. بينما الدهن (الذى يترسب أساسا فى المراحل المتأخرة) فلا يكون مصحوبا بالماء ، وإن كان تكوين الدهن عملية مكلفة من ناحية إستهلاك الطاقة وإنتاج دهن زائد عملية غير مجدية إقتصاديا .

ومن جهة أخرى فإن تقدير ميزان الأزوت وميزان الكالسيوم والفوسفور تفيد فى الإستدلال على نمو وتطور الحيوان . فعندما يزيد احتجاز الأزوت أو الكالسيوم فهذا يعنى أن الحيوان يكون أنسجة . هذه الطرق مفيدة عند دراسة تأثير التغذية على النمو .

وأخيراً فرغم تعدد طرق تقدير النمو فإن تقدير الزيادة اليومية والشهرية فى الوزن الحى هى أكثرها استخداما لدى المربين لسهولة إجرائها وفائدتها أما الطرق الأخرى فرغم قيمتها فإنها تستعمل غالبا فى مراكز البحوث .

مراحــل النمــــو : Phases of growth

يتصف النمو فى المراحل المختلفة من حياة الحيوان بسمات خاصة لكل مرحلة تجعل من الضرورة تقسيمة للأطوار محددة وواضحة . ويمكن تقسيم مراحل النمو إلى مرحلتين أساسيتين هما مرحلة النمو قبل الولادة ومرحلة النمو بعد الولادة :

١ - مرحلة النمو قبل الــولادة : Prenatal phase

هى المرحلة التى تبدأ بالبويضة والتى لا تختلف كثيرا فى الحجم بين الحيوانات المختلفة فيكون قطرها نحو ٠,١ مم فى الكلاب و٠,١٤ مم فى الأغنام . ويتم الإخصاب عادة فى الثلث الأول من قناة فالوب ثم تنتقل البويضة المخصبة لقرن الرحم . وأثناء ذلك يبدأ بها نوع من الإنقسام لا ينجم عنه زيادة فى حجم أو كتلة البويضة Cleavage وينجم عنه عنقود من الخلايا الصغيرة يسمى المورلا Morula داخل غلاف البويضة ويتغذى الجنين خلال هذه المرحلة على مح البويضة . وفى قرن الرحم يتطور هذا الجنين إلى الجاسترولا Gustrula الذى تتميز به ثلاثة أغلفة من الخلايا (شكل ١٢-٧)ويبدأ المعيشة متغذيا على إفراز مخاطية الرحم

حيث يكبر في الوزن والحجم ويبدأ به تكشف الأعضاء والأجهزة الرئيسية . وتنتهى هذه المرحلة من المعيشة الحرة بالتصاق أغشية المشيمة بجدار الرحم حيث يبدأ الجنين فى الإعتماد على المشيمة فى التغذية . ويستمر الجنين فى النمو واستكمال أجهزته إلى قرب نهاية الحمل حيث يكتمل تكوينه . وتكون سرعة النمو خلال الحمل كبيرة ومتزايدة إلى أن تصل لأقصاها قبل الولادة . ففى الأغنام مثلا يتراوح وزن الجنين عند عمر شهر حوالى ٠,٠٥٪ من وزن الميلاد ، وعند عمر شهرين يصل ٢٪ ، وعند عمر ثلاثة أشهر ٢٠٪ بينما يبلغ نحو ٩٠٪ عند عمر ٤ أشهر .

٢ – مرحلة النمو بعد الولادة : Postnatal phase

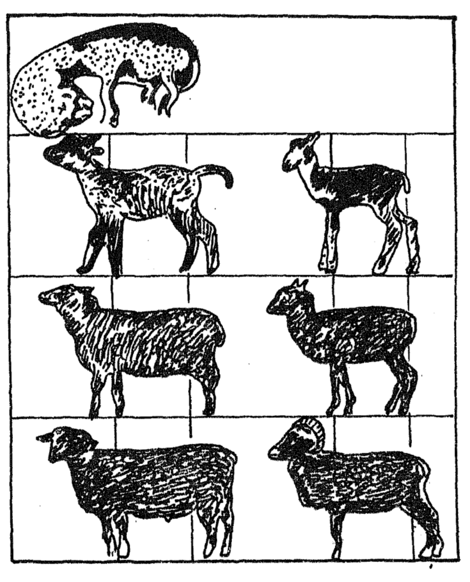
تتميز هذه المرحلة بطورين تختلف فيهما سرعة النمو (شكل ١٥ ـ ١) . خلال الطور الأول تكون الزيادة فى الوزن متزايدة وذلك لأنه يعتمد أساسا على تزايد عدد الخلايا نتيجة الإنقسام السريع . ويستمر هذا الطور إلى أن يبلغ وزن الحيوان نحو ٣٠٪ من وزنه الناضج وتتفق نهاية هذا الطور مع وصول الحيوان لعمر النضج الجنسى Sexual maturity ، أما الطور الثانى فتكون خلاله قدرة الجسم على النمو محدودة وتعتمد أساسا على زيادة حجم الخلايا وتكوين المواد غير البروتوبلازمية مع زيادة محدودة فى عدد الخلايا . وتتفق نهاية هذا الطور مع وصول الحيوان لعمر النضج الجسمى Somatic maturity . وخلال هذا الطور تقل تدريجيا قدرة الحيوان على الاستفادة من الغذاء . وبتقدم عمر الحيوان بعد هذا الطور تمنع البيئة الداخلية النمو منعاً باتا ويتبع ذلك نقص كمية البروتين بجسم الحيوان وإنخفاض الحيوية وظهور أعراض الشيخوخة .

وعلى ذلك يلاحظ أن للماشية دائرتين للنمو ، الأولى مكملة للمرحلة الجنينية وتستمر من أول ولادة الحيوان حتى الشهر التاسع من حياته ثم تبدأ بعد ذلك الدائرة الثانية مابعد سنة ونصف وسنتين وهذه الدائرة تعتبر أوفق سن لإستغلال الماشية لإنتاج اللحم حيث تمثل الفترة التى يقترب **فيها** الحيوان من النضج ويبدأ الحيوان فى تكوين الدهن بصورة ملموسة .

تطور أجزاء الجسم Development of body proportions

يلاحظ أن زيادة حجم أو وزن الحيوان بعد الولادة لا تكون متساوية لجميع أجزاء وأعضاء الجسم بل تختلف من عضو للآخر . يترتب على ذلك إختلاف نسبة أجزاء

الجسم المختلفة بعضها لبعض أو بالنسبة للجسم كله وهو ما يطلق عليه بالتطور . فعند الميلاد مثلا نجد أن الرأس والأطراف تكون كبيرة بالنسبة لباقى الجسم . وتقل هذه النسبة تدريجيا بتقدم العمر حيث يزداد الجسم طولا وبذا تزداد نسب بعض الأجزاء الأخرى من الجسم مثل البطن والظهر وهكذا تتغير نسب الأعضاء المختلفة بتقدم الحيوان فى العمر (شكل ١٥ ـ ٣) .



شكل ١٥ ـ ٢ : التغيرات الحادثة فى نسب أجزاء الجسم فى أغنام السفولك (يسار) والموفولون البرى (يمين) بتقدمهما فى مراحل النمو . فى القمة جنين عمره شهران ، الصف الثانى حمل عمره ٤ أيام ، الصف الثالث نعجة تامة النمو والصف الأخير كبش تام النمو

(عن هاموند)

ولقد جرت العادة على تقسيم أعضاء أجهزة الجسم المختلفة على حسب معدلات نموها إلى ثلاث مجاميع :

(أ) المجموعة الأولى : وتشمل الأعضاء ذات سرعة النمو العالية فى المراحل الأولى للنمو ثم تقل هذه السرعة بتقدم عمر الحيوان . وتضم هذه المجموعة الرأس ، العينين ، المخ ، المعدة ، الرئتين والأرجل .

(ب) المجموعة الثانية : وتشمل الأعضاء التى تكون سرعة نموها بطيئة فى مراحل النمو الأولى وسريعة فى المراحل الأخيرة . وتضم هذه المجموعة الكرش ، النسيج الدهنى والأعضاء التناسلية .

(جـ) المجموعة الثالثة : وتشمل أعضاء يتماثل نموها فى جميع مراحل النمو . وتضم هذه المجموعة بعض أجزاء النسيج العظمى ، والعصبى والعضلى .

والملاحظ أن هناك إرتباط وثيق بين سرعة نمو الأعضاء المختلفة للجسم أثناء النمو المختلفة ومدى احتياج الجسم لها . فالأعضاء التى يحتاجها الجسم فى بداية حياته مثل المخ تكون معدل نموها عالية بعد الولادة مباشرة وعلى العكس فالأعضاء التى لا يحتاجها الجسم فى بداية حياته مثل أعضاء التناسل فإنها تكون بطيئة النمو فى مراحل النمو الأولى ثم تزداد سرعة نموها بتقدم عمر الحيوان .

والملاحظ أن التغيرات فى نسب وأعضاء الجسم المختلفة خلال نمو الحيوان تنعكس على قيمة الحيوان خاصة لإنتاج اللحم . فعند الميلاد تكون الرأس والأرجل كبيرة بالنسبة للجسم ولكن بتقدم الحيوان فى النمو يستطيل الحيوان ويزداد عمقه (شكل ١٥ ـ ٢) وعلى ذلك تزيد نسبة الأجزاء الأكثر قيمة مثل القطن والعجز إلى الأجزاء الأقل قيمة مثل الرقبة والكتف . فمثلا عند ميلاد الحملان يمثل وزن الذبيحة ما يقرب من ٥٠٪ من الوزن الحى وعند إزالة العظام يتبقى اللحم الذى يقدر بنحو ٣١٪ . وعند عمر ٢٢ شهر يزداد نسبة الجزء الصالح للإستهلاك لما يقرب من الضعف (جدول ١٥ ـ ٢) . على أن محتوى الجزء الصالح للإستهلاك لا يبقى بدون تغير حيث تزداد نسبة الدهون بينما تقل نسبة العضلات فى الذبيحة بعد فترة . ولذلك يتضح مدى أهمية إجراء عملية التسمين فى الوقت الملائم بحيث يتم الحصول على ذبائح ذات قطعيات عالية الجودة وذات دهن مترسب بقدر يتناسب مع رغبات التاجر والمستهلك .

جدول ١٥ ـ ٢ : التغيرات فى تكوين الجسم بالأغنام السفولك خلال مراحل النمو
(٪ من وزن الجسم)

الصفـــة	العمـــر (شـــهر)			
	الميلاد	٣ أشهر	١١ شهر	٢٢ شهر
وزن الذبيحـــة	٥٣	٥٤	٦٠	٦٧
وزن الأجـزاء الصالحة للأكـل	٣١	٤٢	٥٤	٦٢
وزن العضلات الصالحة للأكـل	٣١	٣٦	٣٤	٣١
وزن الدهـن الصـالح للأكـل	١	٦	٢٠	٣١
وزن العظـــام	١٧	٩	٥	٤
نسبة الدهن فى العظـــام	٢	٥	٢٠	٣٠

التغيرات الكيماوية الحادثة بالجسم أثناء النمو :

Changes in body composition during growth

يعتبر الماء ، البروتين ، الدهن والرماد هى المركبات الأساسية التى تتكون منها أنسجة الجسم . نسب هذه المكونات تختلف من المرحلة الجنينية ثم مابعد الولادة حتى يصل الحيوان لسن البلوغ . وهناك مرحلة تعرف باسم النضج الكيماوى Chemical maturity وهو الوقت الذى تكون فيه النسب المؤية لهذه المكونات ثابتة تقريبا ، وهو يختلف بين أنواع الحيوانات . ولكن وجد أن مقدار العمر الذى ينقضى قبل الوصول لهذه المرحلة يقدر بحوالى ٤٠٪ ـ ٤٥٪ من متوسط عمر الحيوان .

وفى المرحلة الجنينية تقل النسبة المئوية للماء فى حين تزداد نسبة الدهن بتقدم العمر . وبعد الولادة تزداد النسبة المئوية للمادة الجافة بالجسم وذلك نتيجة لزيادة نسبة الأنسجة الدهنية (جدول ١٥ ـ ٣) .

التركيب الكيماوى للعضلات يختلف بتقدم العمر ، وعموما فباستثناء الماء فهناك زيادة فى معظم مكونات النسيج العضلى بتقدم العمر . ففى الماشية تبلغ نسبة المادة الجافة ، الدهون ، النيتروجين الكلى فى العضلة العينية عند عمر ١٢ يوم نحو ٢٢٪ ، ٥,٥٪ ، ٣٪ بينما عند عمر ٣ سنوات تبلغ هذه النسب ٢٦٪ ، ٤٪ و ٤٪ على الترتيب . وتحدث تغيرات مشابهة فى تركيب عضلات الجاموس بتقدم العمر ، فالتحليل الكيماوى لعضلات بيت الكلاوى والتلبيانكو أظهر أن نسب المادة الجافة ، الدهون ، البروتين

والرماد تكون ٢٢,١٪ ، ١,٣٪ ، ١٧,٦٪ و ١,١ عند عمر شهرين وتبلغ ٢٣,٩٪ ، ٢,٦٪ ، ٢٠,٧ و ٠,٨٪ عند عمر سنتين ، على الترتيب .

طبيعة البروتين المكون للعضلات يتغير مع العمر خاصة الكولاجين الذى يربط الألياف العضلية داخل حزم العضلات . ففى لحم الحيوانات الصغيرة يتحول الكولاجين بسهولة إلى جيلاتين خلال عملية الطبخ ، بعكس الحيوانات الأكبر عمرا . ولهذا يكتسب لحم الحيوانات كبيرة العمر صفة المطاطية خاصة فى العضلات الخشنة . بالإضافة لذلك يزيد تركيز ميوجلوبين العضلات مع العمر مما يؤدى لإكتساب العضلة لون أغمق . والزيادة فى الطعم تكون مصاحبة للزيادة فى لون العضلة ، فعلى سبيل المثال يكون اللحم البتلو ذو لون شاحب وعديم الطعم نسبيا بمقارنته باللحم البقرى الكبير الذى يكون لونه داكنا . وبالرغم من ذلك فإن الزيادة الكبيرة فى لون وطعم لحوم الأبقار الكبيرة السن قد لا تتناسب مع ذوق المستهلك . ومن الجدير بالذكر أن مكسبات الطعم الخاص باللحم تكون ذائبة فى الدهن ولذلك فإن زيادة نسبة الدهون المترسبة بين العضلات بتقدم العمر تكسب اللحم مذاقا خاصا . ويصاحب زيادة نسبة الدهن بالعضلات إنخفاض العدد اليودى للدهن والذى يقل من ٨٢ عند عمر ١٢ يوم إلى ٥٧ عند عمر ٣ سنوات ، الأمر الذى يعزى لنمو الكائنات الحية بالكرش والتى تقوم بعملية هدرجة للدهون الموجودة بالغذاء .

النسيج العظمى أيضا يتغير تركيبة مع تقدم عمر الحيوان . ولما كان الجزء الأكبر من النسيج العظمى يتكون نتيجة لترسيب المعادن فى بعض الأنسجة الغضروفية ، فيستنتج من ذلك أن عظام الحيوانات الصغيرة تحتوى نسبة منخفضة من الرماد وتزداد هذه النسبة بتقدم عمر الحيوان .

ويمكن إستخدام نسبة التصافى كدليل للتنبؤ بمكونات الذبيحة . فعندما تكون نسبة التصافى بين ٥٠ ـ ٦٠٪ تكون هناك زيادة ٣ مرات فى نسبة الدهن مع إنخفاض نسبة العظم للنصف فى الماشية خلال سنتين من الولادة . ويتصف الجاموس بإنخفاض نسبة الدهن بلحمه كما أن نسبة التصافى به تقل بتقدم العمر (جدول ١٥ ـ ٣) مما يعتبر دليلا على التأخير النسبى لتطور معدته .

العوامل المؤثرة على نمو الحيوان

هناك عددا من العوامل تؤثر على الزيادة فى وزن الكائن الحى وفى سرعة النمو النسبى لأعضائه المختلفة خلال عمر الحيوان . ومن أهم العوامل التى تؤثر فى سرعة النمو الوراثة ، المناخ ، التغذية والهرمونات . ويمكن توضيح أثرها فى الآتى :

جدول ١٥ ـ ٣ : معدل النمو ومكونات الذبيحة فى الجاموس منسوبة للعمر والوزن

العمـــر (شــهر)	الوزن الحى (كجـم)	نســبة التصــافى (٪)	نسبة مكونات الذبيحـــة		
			اللحم الأحمر	الدهــن	العظـــام
١,٧	٧٤	٥٧,٤	٦٨,٥	٦,٣	٢٤,٩
٦	١٥٧,٧	٥٥	٦٩,٩	٥,٧	٢٤,٣
١٢	٢٣٦	٥٣,٣	٦٤,٨	١٥,١	١٨,٩
١٨	٣٦٠	٥٢,٨	٦٦,٨	١٣,٩	١٨,٥
٢٤	٤٥٠,٤	٥٤,٣	٦٦,٥	١٥	١٧,٣

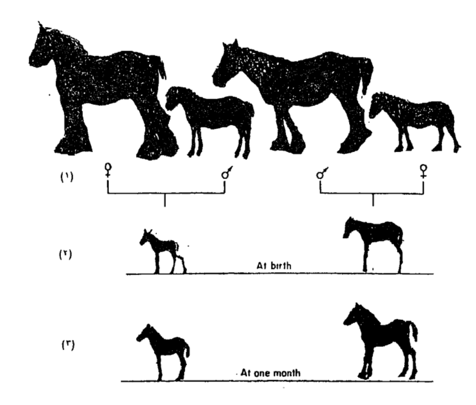
١ - العوامـــل الوراثيـــة Cenetic factors

سرعة النمو من الصفات التى لها معامل توريث عالى بدرجة كافية وتعتمد على عدد من الجينات الموجودة فى التركيب الوراثى للحيوان . وهذا يفسر إختلاف سرعة النمو من حيوان للآخر تبعا لإختلاف نسبة وجود جينات النمو فى حيوان وآخر . على أن درجة ظهور هذه الصفة فى الفرد تتوقف على مدى توافر الظروف البيئية التى تهيىء لظهور هذه الصفة فقد يتماثل حيوانين فى التركيب الوراثى (التوائم المتطابقة) إلا أن سرعة نموهما تختلف عند وقوعها فى بيئتين مختلفتين فى حين تكون سرعة نموهما متشابهة عند وضعهما فى بيئة واحدة . كذلك قد يختلف حيوانين وراثيا إلا أن وضعهما فى بيئة قاسية يؤدى لتشابه سرعة نموهما . ولذلك يجب وضع الحيوان تحت ظروف بيئية جيدة ليتمكن من التعبير عن تركيبه الوراثى مما يؤدى لظهور درجات مختلفة من النمو والراجعة لإختلاف التركيب الوراثى مما يجعل الإنتخاب للحيوانات سريعة النمو جيدا . ويعتبر الخلط بين سلالات الحيوانات من الطرق الوراثية ذات الأهمية فى تحسين سرعة النمو .

وفى الحيوانات المستأنسة التى غالبا ما تعطى مولودا واحدا فى البطن مثل الفرس ، الأبقار والجمال تشيرا الأدلة إلى أن حجم الأم ذو أثر واضح على حجم الجنين وسرعة نموه بعد الولادة (شكل ١٥ ـ ٣) . أما الحيوانات التى تلد أكثر من نتاج فى البطن مثل الأرانب والكلاب والخنازير فإن عدد المواليد يؤثر على حجم النتاج عند الولادة . فعندما يزيد عدد المواليد يقل حجم المولود وهو الأمر الذى يرجع إلى مدى توافر المواد الغذائية

الواصلة من الدم للمشيمة حيث لا تكفى جميع النتاج خاصة فى حالة العدد الكبير من الأجنة .

ومن الأهمية الإشارة إلى أن زيادة سرعة النمو تكون مرتبطة بإنخفاض معدل التسمين فى الأعمار المبكرة ، ولكن نظرا لأنه فى العديد من دول العالم يفضل أن تكون الذبيحة قليلة الدهن ، فإن هذه العلاقة السلبية لا تمثل مشكلة .



شكل ١٥ ـ ٣ : تأثير حجم الام على حجم ونمو المهر نتيجة الخلط بين خيول الشير ذات الحجم الكبير والشتلاند بونى ذات الحجم الصغير
(عن هامـوند)

(١) الاباء والأمهات (٢) النتاج عند الولاده (٣) النتاج عند عمر شهر

٢ – العوامـل المناخيـة Climatic factors

البيئة المحيطة بالحيوان تؤثر على النمو بصفة غير مباشرة أو مباشرة . فمثلا يحدث إنخفاض موسمى فى سرعة نمو الحيوانات بالمناطق الحارة الجافة خلال موسم الجفاف . فى هذه الحالة يكون لموسم السنة تأثير غير مباشر على النمو يرجع للقدر المحدود من الغذاء المتوافر فى موسم الجفاف . وإذا نمت الحيوانات على مراعى المناطق الحارة فهذا

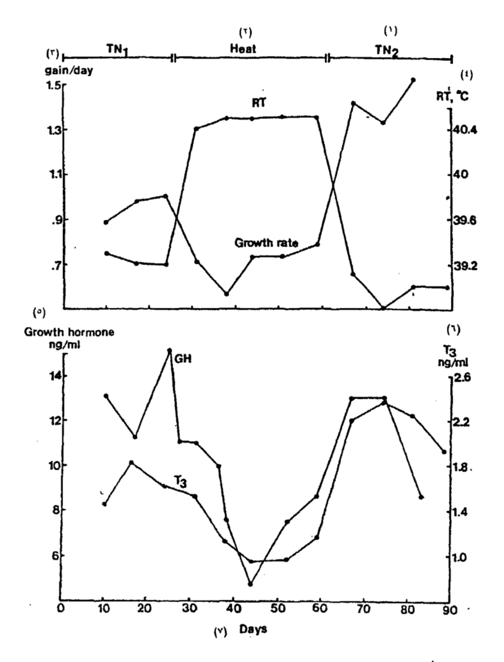
يكون داعيا لإختيارها للمعيشة فى هذه المناطق .

البيئة يكون لها تأثير مباشر على النمو ، فدرجات الحرارة تؤثر على معدل الميتابلزم وبالتالى على سرعة النمو . ففى الطقس شديد الحرارة تقل سرعة نمو الحيوانات وهو ما يرجع غالبا إلى فقد الشهية وإنخفاض كمية الغذاء المأكولة . ويؤدى إرتفاع الحرارة الجوية لإرتفاع حرارة الجسم ويصاحب ذلك إنخفاض إفراز هرمون النمو وهرمونات الغدة الدرقية (شكل ١٥ ـ ٤) وهو الأمر الذى ينعكس على إنقسام الخلايا وزيادة حجمها وبالتالى معدل انمو .

ولتحسين سلالات ماشية اللحم بالمناطق الحارة ، فإن سلالات جديدة يمكن الحصول عليها بخلط السلالات المحلية والسلالات الأجنبية المستوردة . مثال ذلك ما تم فى الولايات المتحدة بخلط ماشية البراهما مع الشورتهورن (بنسبة $\frac{٣}{٨}$: $\frac{٥}{٨}$) لتكوين سلالة السنتاجرترودس Santa Gertrudis ليجمع بين صفات الإنتاج المرتفع وتحمل درجات الحرارة المرتفعة . وفى مصر أمكن خلط الماشية المحلية مع ماشية الشورتهورن بجامعة القاهرة منذ عام ١٩٣١ . وأوضحت النتائج تفوق ماشية الشورتهورن عن الأبقار المصرية والخليط فى النمو وإنتاج اللحم . ورغم أن هذه التجارب لم تستمر إلا أن إستعمال الخلط بين الأنواع يعطى إمكانية جيدة لتكوين سلالات جديدة تستطيع إنتاج قدر أكبر من اللحم فى الذبيحة وذات قدرة على مقاومة ظروف البيئة الحارة مثل الإصابة بالأمراض ودرجات الحرارة العالية .

٣ – العوامـل الغـذائيـة : Nutritional factors

للتغذية تأثير جوهرى على النمو ، حيث يؤدى خفض مستوى تغذية الحيوان إلى بطء أو توقف نموه . وإعادة رفع المستوى الغذائى بما يكفل الإحتياجات الحافظة والإنتاجية يعيد للنمو طبيعته وتزيد الحيوانات فى الوزن بدرجات تختلف مع الأعمار . وتأثير خفض مستوى التغذية على النمو يتوقف على مرحلة النمو ومدى الخفض وطول فترة الخفض . ولعل من التجارب الرائدة لدراسة تأثير التغذية على نمو الحملان تلك التى **أجراها العالمين بلاسون وفيرجس عام ١٩٥١ Palason & Verges 1951 حيث قسمت مجموعة من الحملان بعد الولادة مباشرة إلى قسمين أحدهما عالى التغذية (H) والآخر منخفض التغذية (L) وعند عمر ٤٠ يوم فصل القسم الأول إلى مجموعتين أولهما عالى التغذية (HH) والآخر منخفض التغذية (HL) . أما القسم الثانى ففصله إلى مجموعتين أحدهما عالى التغذية (LH) بينما ظل الثانى على مستواه المنخفض (LL).ودرس الوقت**



شكل ١٥ - ٤ : تأثير ارتفاع درجة حرارة البيئة على سرعة النمو وحرارة الجسم وتركيز هرمون النمو والثيرونين ثلاثى اليود بعجلات الفريزيان - TN_1 ، TN_2 - التعادل الحرارى

(عن جونسن)

(١) التعادل الحرارى (٢) التعرض للحرارة (٣) زيادة الوزن اليومية (٤) درجة الحرارة (٥) هرمون النمو (٦) الثيرونين ثلاثى اليود (٧) الأيام

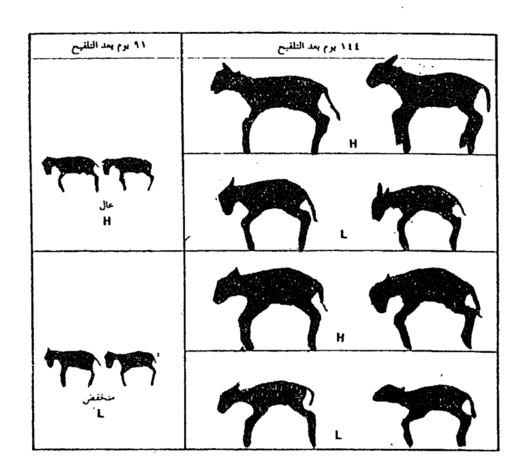
الذى تستغرقه كل مجموعة لتصل إلى وزن ٧٠ رطل وذبحت الحيوانات لمعرفة صفات وتركيب الذبيحة . وأوضحت الدراسة أن تأثير الخفض يكون كبيرا فى المرحلة التى **فيها معدل النمو سريعا ، كما أن إطالة مدة إنخفاض التغذية تجعل من الصعب على الحيوان إستعادة درجة نموه الأولى .**

الأنسجة أو الأعضاء المختلفة من الجسم تستجيب للمعاملات الغذائية فى نظام معين تحدده سرعة نمو هذه الأعضاء . فالأجزاء أو الأعضاء التى تنضج مبكرا فى بدء الحياة تستجيب بدرجة أقل للمعاملات الغذائية عن تلك متأخرة النضج . وعليه فإذا وضع الحيوان على مستوى غذائى مرتفع فإن أكثر الأجزاء تأثراً هى تلك التى تنضج متأخرة مثل القطن وأقلها تأثراً هى التى تنضج فى بداية عمر الحيوان مثل الرأس والأطراف . وهذا مهم فى عملية التسمين حيث أن أهم أجزاء الذبيحة هى تلك الأجزاء التى يكتمل نموها فى الفترات الأخيرة من النمو مثل المنطقة القطنية وأعلى الفخذ وبذلك فعند وضع الحيوان على مستوى غذائى مرتفع (التسمين) تزداد نسبة هذه القطعيات الممتازة .

ويلاحظ أن مستوى التغذية أثناء الحمل له أثر واضح على وزن النتاج المولودة وسرعة نموها بعد الولادة . فسوء التغذية خلال الشهرين الأخيرين من الحمل فى الأغنام يقلل عدد النتج المولودة بالقطيع ويكون حجم المولود أقل من الطبيعى وتزيد نسبة النفوق بها حتى لو كانت تغذية الأمهات جيدة أثناء المراحل الأولى من الحمل . وخفض مستوى التغذية خلال مرحلة الحمل الأولى ثم رفعها خلال الشهرين الأخيرين منه يعطى عدد أكبر من النتج ذات الحجم الطبيعى (شكل ١٥ ـ ٥) وسرعة النمو الجيد ونسبة نفوق بسيطة .

غذاء الحيوانات النامية يجب أن يحتوى على قدر كافى من البروتين . وزيادة نسبة البروتين بالغذاء تؤدى لزيادة وزن بعض العضلات وإرتفاع محتواها من البروتين ، ويؤثر على نمو النسيج العظمى حيث تزيد نسبة الكالسيوم بالعظام وذلك لتأثير البروتين على معدل امتصاص الكالسيوم . وبروتين الغذاء يجب أن يحوى نسبة متعادلة من الأحماض الأمينية الأساسية وغير الأساسية وذلك لضمان تشجيع النمو . وعندما تقل القيمة الحيوية للبروتين فإن الكمية المطلوبة منه لضمان تلبية احتياجات الحيوان تزيد حتى تعوض عدم إتزان الأحماض الأمينية بالغذاء . وهذا غير مهم فى المجترات حيث تستطيع الكائنات الحية التى تعيش بالكرش بناء بروتين جسمها من بروتينات الغذاء وعند مرور هذه الكائنات مع كتلة الغذاء فإنها ستهضم ويستفيد منها الحيوان .

وللفيتامينات تأثير واضح على النمو خاصة فيتامين « أ » الذى يؤدى نقصه لتدهور النمو . وفيتامينات « ب » خاصة حمض الفوليك وب$_{٦}$ وب$_{١٢}$ ينجم عن نقصها الانيميا وتدهور النمو . ونقص فيتامين « د » ينجم عنه إضطراب نمو العظام . كما أن للعناصر المعدنية تأثير هام على نمو الحيوان فهى مكون أساسى للعظام (خاصة الكالسيوم والفوسفور) أو لسوائل الجسم (الصوديوم والبوتاسيوم) . وبعض المعادن لها أهمية فسيولوجية باعتبارها من مكونات الانزيمات مثل الخارصين فى انزيم



شكل ١٥ ـ ٥ : يوضح تأثير مستوى التغذية للنعاج خلال الحمل على حجم الحملان . مستوى التغذية ليس له تأثير حتى ٩١ يوما ولكن ذا تأثير بعد هذه الفترة - H - مستوى تغذية عالى ، L - مستوى تغذية منخفض
(عن هامـوند)

الكربونيك انهيدراز أو منشطة للإنزيمات مثل النحاس فى انزيم السيتوكروم . وبعض المعادن يدخل فى تركيب بعض الهرمونات مثل اليود فى هرمون الثيروكسين . وعلى ذلك فنقص هذه المعادن يؤثر بطريق مباشر أو غير مباشر على خلايا الجسم مؤديا لتدهور نمو الحيوان .

٤ – العوامـل الهرمونيـة Hormonal factors

وجود الحيوان فى ظروف معينة بيئية كانت أو داخلية تؤثر على الجهاز العصبى الهرمونى مما يغير من معدل إفرازه لمجموعة الهرمونات أو المواد المسيطرة على حيوية الخلايا الجسمية بحيث يغير من نشاط هذه الخلايا لتلائم الظروف التى يعيشها الحيوان . ورغم أن الهرمونات كلها تساهم بطريق مباشر أو غير مباشر فى النمو ،

أن أهم الهرمونات التى تؤثر مباشرة على النمو هى هرمون النمو ، الثيروكسين ، هرمونات قشرةالادرينال ، الانسيولين ، الباراثرمون وهرمونات الجنس (شكل ١٥ - ٦) .

Hormone	Effect	
growth hormone (protein)	carbohydrates↑, protein↑ / fat↓, also bone growth	GROWTH
thyroxine (amino acid)	protein↑ / carbohydrates↓, fat↓	GROWTH
insulin (protein)	fat↑, protein↑ / carbohydrates↓	GROWTH
parathormone (polypeptide)	bone↑, Ca^{2+}↑ / PO_4^{2-}↓	GROWTH
glucocoriticoids (steroids)	carbohydrates↑ / protein↓	GROWTH
mineralocorticoids	Na^+↑, protein↑ / K^+↓	GROWTH
sex hormones (steroids)	protein↑ (mostly in accessory sex organs)	GROWTH

↑ – synthesis/retention
↓ – breakdown/loss

شكل ١٥ - ٦ : ملخص لتأثير الهرمونات على عملية النمو . (↑ - تخليق أو احتجاز ، ↓ هدم أو فقده) (عن هيث وأوليسانيا)

هرمون النمو Growth hormone يفرز من الغدة النخامية ويسيطر أساسا على نشاط ونمو خلايا الجسم ولذلك يكون معدل إفرازه عاليا فى الحيوانات الصغيرة ويقل فى الحيوانات البالغة ، كما أن إفرازه يكون عاليا فى الحيوانات العملاقة ومنخفضا فى الحيوانات المتقزمة . ومعاملة الحيوانات بهرمون النمو يزيد وزن الجسم ويغير من تركيبه . والفئران المعاملة بالهرمون لمدة ٨ أسابيع يزيد وزنها وتحتوى أجسامها على نسبة أعلى من البروتين والماء ونسبة أقل من الدهن والسعرات الكلية مقارنة بالحيوانات غير المعاملة (جدول ١٥ - ٤) . وفعل هرمون النمو يبدوا أنه غير مباشر ويتم من خلال تشجيعه لإفراز عامل النمو المشابه للأنسيولين IGF-I من الكبد وهو ينبه عديدا من

العمليات الخلوية متوسطا عملية النمو . حيث ظهر أنه فى خلايا العضلات والكبد ينبه تخليق الأحماض النووية وانقسام الخلايا وفى خلايا الغضاريف يشجع إنضمام الكبريت للبروتينات وفى الأنسجة الدهنية يعضد فعل الأنسيولين وينبه أكسدة الجلوكوز وتخليق الدهون والجليكوجين .

وهناك هرمونات ببتيدية أخرى تحكم انقسام الخلايا الطبيعية ويبدوا أن فعلها يتم فى الوقت الذى يقل أو يغيب فيه فعل هرمون النمو وعامل النمو المشابه للأنسيولين كما فى المرحلة الجنينية . ومن هذه الهرمونات عامل النمو الناتج من الصفائح الدموية Platelet derived growth factor (PDGF) وينبه المراحل المبكرة من انقسام الخلايا ، ثم يقوم هرمون آخر بإكمال عملية الانقسام هو عامل البشرة المشجع للنمو Epidermal growth factor . وهناك هرمونات مشجعة للنمو تساهم فى إعطاء الخلايا ملامحها الرئيسية مثل عامل النمو المحول Transforming growth factor (TGF) . وهذه العوامل تفرزها الخلايا نفسها Autocrine أو خلايا أخرى مجاورة .

جدول ١٥ ـ ٤ : وزن الحيوانات وتركيب الجسم فى الفئران المعاملة بهرمون النمو

المعاملة	وزن الجسم (جم)	تركيب الجسم			
		٪ الماء	٪ الدهن	٪ النيتروجين الكلى	السعرات الكلية (كيلوسعر/جم)
مقارنة	٦٠	٤٥	٣٩	٢,٢	٤,٤
معاملة	١٠٠	٦٣	١٣	٣,١	٢,٣

هرمون الثيروكسين Thyroxine (T_4) والثيرونين ثلاثى اليود Triiodothyronine (T_3) يفرزا من الغدة الدرقية ويعتبرا من العوامل الضرورية للنمو والنضج الجسمى ، حيث ظهر أن هناك علاقة إيجابية بين معدل النمو وتركيز الثيروكسين بالدم . كما أن نزع الغدة الدرقية ينجم عنه نقص النمو ونقص كمية الغذاء المأكول . تأثير الثيروكسين على النمو أعزى لفعله المشجع لإفراز هرمون النمو وكذلك تقوية فعله على الأنسجة . زيادة إفراز هرمونات الدرقية تسبب تحلل العضلات بالحيوانات الطبيعية ، كما أن تخليق البروتين يزيد عن نقص هذه الهرمونات . ولذلك أجريت محاولات لتقليل إفراز هذه الهرمونات باستعمال مركبات مضادة للدرقية مثل الثيويوراسيل Thiouracil والتابازول Tapazole بهدف الإسراع من تسمين الحيوانات . ولقد لوحظ أن هذه المركبات تنبه عملية النمو

غير أنها قليلة التأثير على تركيب الذبيحة . ولوحظ فى دراسات أخرى أن الذبيحة قد تحتوى نسبة أعلى من الدهن تحت الجلد واللحم أقل رخامية . رغم ذلك فإنه نظرا للتأثير الضار للمواد المانعة لنشاط الدرقية فإن استعمالها يكون بحذر شديد وبكميات ضئيلة ولفترة قصيرة .

الانسيولين Insulin يفرز من الغدة البنكرياسية وهو يشجع عملية النمو بتأثيره المشجع لدخول الأحماض الأمينية للخلية وانضمامها فى البروتينات . وهو يشجع هرمون النمو فى فعله على الأنسجة .

هرمونات قشرة الادرينال Corticosterolds تفرز قشرة الغدة الجاركلوية مجموعة من الهرمونات تضم الهرمونات الجنسية ومجموعة أخرى تؤثر على ميتابلزم الكربوئدرات glucocorticoids (الكورتيزول ، والكورتيكوستيرون) أو تؤثر على ميتابلزم المعادن Mineralocorticoids (الالدوستيرون) بخلايا الجسم المختلفة . وضعف نشاط قشرة الادرينال فى الأعمار الصغيرة يبطىء نمو هذه الجيوانات ، كما أن إعطاء بعض منها قد يحسن نمو الحيوانات صغيرة السن . ولقد اتضح أن معاملة الذكور المخصية من الماشية بجرام كورتيزون ثلاثة مرات اسبوعيا ولمدة ٩ أسابيع يقلل جوهريا الزيادة فى الوزن الحى ونسبة البروتين بأنسجة الجسم ولكن يزيد من نسبة الدهون بأنسجة الذبيحة ومحتواها من الطاقة (جدول ١٥ ـ ٥) . كما أن معاملة الحملان المخصية بخلات الكورتيزول حقنا وغرسها بالداى اثيل استلبسترول (DES) يحسن من قدره الأخير على بناء البروتين ويشجع من بناء الدهون كما أن طرارة وعصرية الأنسجة المأكولة تتحسن .

جدول ١٥ ـ ٥ : تأثير المعاملة بالكورتيزون على نمو وتركيب جسم العجول المخصية

الصفة	المقارنة	المعاملة	
الزيادة فى الوزن الحى (كجم)	٨٠,٥	٧١,٤	×
الزيادة فى الوزن الخالى من الأحشاء			
– الوزن (كجم)	٨٥,٩	٧٥,٥	×
– الدهن (كجم)	٣١,٩	٣٧,٧	×
– البروتين (كجم)	١٦,٨	١٣,٦	×
– الطاقة (MJ)	١٦٣٤	١٨٠٥	غير جوهرى

هرمونات الجنس Sex hormones تفرزها الغدد الجنسية وتسبب ظهور علامات وأعراض الجنس المميزة للذكور والإناث ، كما وأن لها تأثير بنائى على خلايا الجسم

المختلفة والذى يظهر فى نمو العضلات والعظام مبكرة النضج . ويتضح دور هرمونات الجنس عند مقارنة ذكور الماشية المخصية Steers بالطلائق Bulls أو الحملان المخصية Wethers بالخراف Rams (جدول ١٥ ـ ٦) ويتضح من المقارنة أن نمو الذكور السليمة وكفائتها فى تحويل الغذاء أكبر من الذكور المخصية . نسبة اللحم والعظام تزيد فى ذبيحة الذكور الكاملة في حين أن نسبة الدهن أو التسمين تزيد فى الحيوانات المخصية . ولا توجد تأثيرات كبيرة للخصى على طراوة اللحم أو طعمه أو رائحته .

جدول ١٥ ـ ٦ : نسبة الاختلافات بين الذكور الكاملة والمخصية فى النمو وتركيب الذبيحة وجـودة اللحـم

الصفـــة	الماشـــية	الأغنـــام
معـدل النمـــو	+ ١٥	+ ٦
كفـاءة تحـويل الغـذاء	+ ١٠	+ ٢,٥
نسـبة التصــافى	+ ١	– ٣
نسـبة اللحم بالذبيحـة	+ ٤	+ ١٠٪
نسـبة الدهـن	– ٥	– ١٢٪
نسـبة العظـام	+ ١,٥	+ ١,٥ ٪
نسـبة الأرباع الأماميـة	+ ١,٥	+ ٣ ٪
تركيـب الذبيحـة		
المـــاء	+ ٠,٨ – ١٪	+ ١
البروتيـن	+ ٠,٣ ٪	+ ١ ٪
الدهـــن	– ٢,٥ ٪	– ١٠٪

ولقد أمكن فى السنوات تخليق عديدا من المركبات ذات التأثير الاستروجينى أو الاندروجينى وكان من أول المركبات الداى اثيل استلبسترول Diethylstilbesterol (DES) ذو الفعل الاستروجينى . حيث استخدم مع الدواجن والماشية والحملان منذ عام ١٩٤٣ تقريبا . كما أمكن تخليق مركبات أخرى ذات فعل استروجينى وتركيبها استيرويدى مثل الاستراديول Estradiol - 17B والهكسوسترول Hexoestrol وكذلك مركبات أخرى غير استيرويدية مثل الزيرانول Zeranol. ولقد أظهر بعض هذه المركبات قدرة على تحسين وزن الجسم وكفاءة تحويل الغذاء . وتحدث زيادة فى نسبة البروتين والدهن فى أجزاء الذبيحة . وترتفع نسبة الماء بذبيحة الحيوانات المعاملة مما يجعلها أكثر طراوة (جدول ١٥ ـ ٧) على أن بعض التجارب التى عوملت فيها الحملان بنحو ١٢ جم زيرانول

لوحظ فيها زيادة جوهرية فى البروتين وإحتمال نقص كمية الدهون والطاقة المختزنة .

دراسة تأثير المعاملة بالاندروجينات أوضحت حدوث تحسين ملحوظ على النمو وجودة الذبيحة بعد معاملة الحملان بالتستستيرون . ولقد ظهر أن استعمال مخلوط الاندروجينات مع الداى اثيل استلبسترول أكثر فائدة فى تحسين عملية النمو وزيادة المحتوى البروتينى للعضلات . ولقد ظهرت بعض المخاليط مثل الامبلكس Implix الذى يحتوى على التستستيرون والاستراديول (١٠ : ١) ووجد أنها تشجع النمو وتزيد الاحتجاز الأزوتى . ولقد أمكن تخليق مركب مشجع للنمو استيرويدى ومشابه للتستستيرون هو خلات الترنبولون Trenbolone acetate ولوحظ أنه يزيد سرعة النمو فى الماشية ويحسن من نسبة البروتين بالذبيحة . واتضح بعد ذلك أن مخلوط الترنبولون مع الاستراديول (كما هو فى مركب الريفالور Revalor) يسرع من نمو الحيوانات أكثر عن أى من هذه المركبات عند إعطائها مفردة (جدول ١٥ ـ ٨) .

جدول ١٥ ـ ٧ : تأثير غرس الداى اثيل استلبسترول DES على وزن الجسم وتركيب الذبيحة فى ذكور الاغنام

الصفة	المقارنة	المعاملة	نسبة التغير
الوزن الحى (كجم)	٥٨, ٥	٦٤, ٧	١٠,٦
كمية الماء بالجسم (كجم)	٣٣, ٠	٣٥, ٥	٧,٦
كمية الدهن (كجم)	١٥, ٥	١٦, ٢	٤,٥
كمية البروتين (كجم)	٩, ٣	١٠, ٢	٩,٧
كمية المعادن (كجم)	٢, ٧	٢, ٨	٣,٧
وزن العضلات (كجم)	١٨, ٨	١٩, ٨	٥,٣
الطاقة الكلية (كيلو سعر / جم)	٣, ١	٣, ٣	٦,٥
احتجاز الازوت (كجم)	.٤٤	.٧٧	٧٥

جدول ١٥ ـ ٨ : تأثير غرس خلات الترنبولون (٦٠ مجم) مع الاستراديول (١٢ مجم) على زيادة وزن الجسم وتركيب ذبيحة الاغنام المخصية

الصفـــة	المقارنـــة	المعاملـــة	نسبة التغيـر
الزيادة فى وزن الجسم (كجم)	٧, ٣	٨, ٧	١٩,٢
كمية الماء بالجسم (كجم)	٣,٣٥	٤, ٨	٤٣,٣
كمية الدهـن بالجسـم (كجـم)	٢,٣٦	١,٧٣	٢٦,٧
كمية البروتين بالجسم (كجم)	١,٢٦	١,٧٩	٤٢,١
كمية الرمـاد بالجسم (كجم)	٢٧٧	٣٦٧	٣٢,٥
كمية الكالسيوم بالجسـم (كجم)	٦٨	٩٢	٣٥,٣
كمية الفوسـفور (جـم)	٤٥	٦١	٣٥,٦
كمية المغنسيوم (جـم)	٣	٤, ٤	٤٦,٦

تأثير المعاملة بالمواد المشجعة للنمو غالبا ما يعزى إلى تأثيرها المباشر على خلايا الجسم ، الأمر الذى ينجم عنه تخليق جزيئات جديدة من mRNA بالنواه وهو يعمل بالتالى على تخليق بروتينات جديدة خاصة قد يكون بعضها انزيمات أو هرمونات وهذه تكون مسئولة عن التأثيرات الحادثة بعد إعطاء الاستروبدات . ولقد تأكد ذلك عند معاملة ذكور الماشية المخصية بمركب الداى اثيل استلبسترول DES حيث تغير من تركيز هرمونات الدم حيث يزيد إفراز هرمون النمو والانسيولين فى حين أن نشاط الغدة الدرقية لم يتغير كثيرا نتيجة للمعاملة (جدول ١٥ ـ ٩) . كما أن المعاملة بالاستيرويدات تغير من عدد ونشاط الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بكرش المجترات . فلقد اتضح أن إضافة الاستروجينات إلى سائل الكرش يؤدى لزيادة عدد ونشاط البروتوزوا المهدبة وهذا يلعب دورا ملموسا فى ميتابلزم ومظهر الحيوانات المجترة حيث يزيد نشاط الكرش واحتجاز الأزوت وسرعة نمو الحيوانات .

جدول ١٥ ـ ٩ : تأثير المعاملة بالداى اثيل استلبستيرول DES (٣ مجم / يوم / رأس) على هرمونات بلازما ذكور الماشية المخصية

المعاملـــة	الزيادة اليومية (كجم)	وزن النخامية (جـم)	هرمون النمو (نجم / مل)	الانســولين (ميكروحدة/مل)	البروتين المرتبط باليود (مكجم/١٠٠ مل)
المقارنـــة	٢,٢٩	١,٠٧	٢١	٣٩,٣	٧, ٣
المعاملـــة	٢,٦٥	١,٢٣	٣٨,٥	٤٣,٩	٧, ٢
نسبة التغير (٪)	١٥, ٧	١٤, ٩	٨٣,٣	١١,٧	١,٠٤ -

والجدير بالذكر أن استخدام إضافات لغذاء الحيوانات مثل الأملاح المعدنية الأثرية والفيتامينات والمضادات الحيوية والهرمونات كان له تأثير مشجع لنمو حيوانات التسمين ، مما جعل هذا الأمر شائع الاستخدام فى بعض مناطق إنتاج اللحوم خاصة تلك المخصصة للتصدير للخارج . غير إن اعتراضات كثيرة ظهرت خاصة على إستخدام المواد الهرمونية أو مشابهاتها فى التسمين . ولقد استندت هذه الاعتراضات أساسا على أن بقايا هذه المركبات تظل موجودة فى لحوم الحيوانات المعاملة ولفترة طويلة ولا تتأثر كثيرا بحرارة الطبخ مما يمثل ضررا على صحة الإنسان . حيث يعتقد أن بعض هذه المركبات قد تسبب أمراض خبيثة مثل السرطان أو تؤدى لإضطرابات فى وظائف الجسم مثل الإضطرابات التناسلية التى تظهر فى صورة عقم أو تشوه للأجنة .

المراجــــع

أولا : المراجــع العربيــــة :

١ – جادو ، محمد صفوت . ١٩٨٩ . فسيولوجيا الحيوانات المزرعية . كلية الزراعة ببنها ـ جامعة الزقازيق .

٢ – حمادة ، مصطفى كمال عمر . ١٩٧٨ . إنتاج الضأن والصوف . دار المطبوعات الجديدة ـ الإسكندرية .

٣ – درويش ، محمد يحيى حسين . ١٩٧٦ . فسيولوجيا الحيوان . مكتبة الانجلو المصرية ـ القاهرة .

٤ – رويحة ، أمين . ١٩٨٧ . كيفية اكتشاف الهرمونات . دار القلم ببيروت .

٥ – قمر ، محمد جمال الدين ، البردى ، عبد الرحمن محمد ومراد ، حمدى محمد . ١٩٧٦ . أساسيات فسيولوجيا الإنتاج الحيوانى . مطبعة التقدم . القاهرة .

٦ – محمود ، إبراهيم نجيب . ١٩٦٥ . صحة الحيوان الزراعى . دار الفكر العربى . القاهرة .

٧ – محى الدين ، خير الدين ويوسف ، وليد حميد . ١٩٨٧ . علم الفلسجة البيطرية . جامعة الموصل . بغداد .

٨ – هاموند ، جون . ١٩٨٥ . حيوانات المزرعة . مترجم. الدار العربية للنشر والتوزيع . القاهرة .

٩ – هيكمان ، س.ب ، روبرتس ، ل.س وهيكمان ، ف.م . ١٩٨٩ . الأساسيات المتكاملة لعلم الحيوان « علم وظائف الأعضاء والبيئة وسلوك الحيوان » مترجم الدار العربية للنشر والتوزيع . القاهرة .

١٠– يوكسين ، ادوارد . ١٩٨٥ . صناعة الحياة . من يتحكم فى البيوتكنولوجيا . مترجم . دار غريب للطباعة . القاهرة .

ثانياً : المراجـع الأجنبيــة :

1 – Abdel-Kader, G. 1976. Spotlights on histology. 2nd ed. El-Nasr modern bookshop, Cairo.

2 – Banerjee, G.C. 1982. A textbook of Animal husbandry. 5th ed. Oxford & IBH publishing Co., India.

3 – Bansky, B. 1975. Dynamic anatomy and physiology. Macmillan Publishing Co., Inc.

4 – Barrington, E.J.W. 1975. An introduction to general and comparative endocrinology. Clarenden Press. Oxford.

5 – Bell, G.H., Davidson, J.N. and Scardborough, H. 1970. Textbook of physiology and biochemistry. ELBS/Longman.

6 – Cole, H.H. (Ed.). 1966. Introduction to livestock production. W.H. Freeman & Company.San Francisco.

7 – Copenhàver, W.M., Bunge, R.P. and Bunges M.B. 1971. Bailey's textbook of histology. 16th ed. The Williams & Wilkius Comp., Baltimore.

8 – Frandson, R.D. 1975. Anatomy and Physiology of farm animals. 2nd ed. Lea & Febiger Philadelphia.

9 – Fraser, A.F. 1980. Farm animal behaviour. 2nd. ed. ELBS/Bailliere Tindal.

10 – Ganong, W.F. 1979. Review of medical physiology. 9th ed. Lange medical publications.

11 – Georgiva, S.A. 1989. Essentials of physiology. Mir publishers.Moscow.

12 – Griffin, J.E. and Ojeda, S.R. (Eds). 1988. Textbook of endocrine physiology. Oxford Univ. Press.

13 – Guroff, G. (ed). 1983. Growth and maturation factors. (Vol. 1). John wiley & Sons. Inc.

14 – Hafez, E.S.E. (Ed). 1980. Reproduction in farm animals. Lea & Febiger Philadelphia.

15 – Hafez, E.S.E. and Dyer, I.A. (Eds). 1969. Animal growth and Nutriltion. Lea & Febiger. Philadelphia.

16 – Hafez, E.S.E. (ed). 1968. Adaptation of domestic animals. Lea & Febiger. Philadelphia.

17 – Heath, E. and Olusanya, S. (Eds). 1988. Anatomy and physiology of tropical Livestock. ELBS/ Longman.

18 – Johnson, H.D. 1986. Overview of Climate effects on livestock. Reprot to. CALAR Scientific Meeting, Alexandria, Egypt.

19 – Keele, C.A. and Neil, E. 1972. Samson Wrights Applied Physiology. 12th ed. ELBS/Oxford.

20 – Martin, C.R. 1976. Textbook of endocrine physiology. Williams & Wilkins Co., USA.

21 – McDonald, L.E. and Pienda, N.H. (Eds). 1989. Vetrinary endocrinology and reproduction. Lea & Fibiger, Philadelphia.

22 – Mepham, T.B. 1987. Physiology of lactation. Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia.

23 – Netter, F. 1963. Ciba collection of medical illustrations. 4. Endocrine system and metabolic diseases.

24 – Schmidt, G.H. 1971. Biology of lactation. 1st ed. Freeman and company, San. Fransisco.

25 – Swenson, M.J. (Ed). 1984. Duke's physiology of domestic animals. Cornell Univ. Press, Ithaca, USA.

26 – Thiel, C.C. and Dood, F.H. (eds). 1979. Machine Milking. Thchniçal Bulletiln 1. NIRD, Reading.

27 – Wood, D.W. 1974. Principles of animal physiology. Edward Arnold. Ltd.

محتويات الكتاب

الموضوع		الصفحة
مقدمة		٥
الفصل الأول :	**الخلية الحيوانية**	٧
	ـ شكل وحجم الخلية	٧
	ـ تركيب الخلية ووظيفة مكوناتها	٨
	ـ وظائف الخلية	١٣
الفصل الثاني :	**الجهاز الهيكلي**	١٧
	ـ تركيب الهيكل العظمي في الثدييات	١٧
	ـ تركيب العظام	٢١
	ـ نمو العظام	٢٣
	ـ الغضروف	٢٤
	ـ المفاصل	٢٥
الفصل الثالث :	**الجهاز العضلي**	٢٩
	ـ انواع العضلات	٢٩
	ـ الصفات العامة للعضلات	٣٤
	ـ ميكانيكية انقباض وإنبساط العضلات	٣٧
	ـ إثارة الانقباض العضلي	٤٠
	ـ طاقة الانقباض العضلي	٤٠
الفصل الرابع :	**الدم وسوائل الجسم الأخرى**	٤٣
	ـ الدم	٤٣
	ـ الليمف	٦٣
	ـ السائل المخي النخاعي	٦٧
	ـ السائل المفصلي	٦٧
	ـ السوائل المصلية	٦٨
	ـ سوائل الجسم الأخرى	٦٨

الفصل الخامس : الدورة الدموية ٦٩
- القلب ٦٩
- الأوعية الدموية ٧٨
- مسلك الدم بالجسم ٨٠

الفصل السادس : التنفس ٨٣
- أعضاء التنفس ٨٤
- ميكانيكية التنفس ٨٨
- تبادل الغازات في الرئة ٩٣
- الجهاز التنفسي بالطيور ١٠٢
- تنفس الخلايا ١٠٣

الفصل السابع : الجهاز الهضمي ١١١
- أعضاء الجهاز الهضمي ١١٢
- القناة الهضمية ١١٢
- ملحقات القناة الهضمية ١٢٧
- عمليات الهضم ١٣٥
- هضم وامتصاص الكربوئدرات ١٣٦
- هضم وامتصاص البروتينات ١٤١
- هضم وامتصاص اللبيدات ١٥١
- الهضم في الطيور ١٥٨
- العوامل المؤثرة على هضم الغذاء ١٦١

الفصل الثامن : الاتزان المائي والاخراج ١٦٥
- تركيب سوائل الجسم ١٦٦
- تنظيم تركيب وحجم سوائل الجسم ١٦٩
- الاتزان الحامضي - القاعدي ١٧٢
- الجهاز البولي ١٧٥
- الجلد والتراكيب الجلدية ١٨٥

الفصل التاسع : الجهاز العصبي ١٩٥
- الانسجة العصبية ١٩٥

- طبيعة الاشارة العصبية ٢٠١
- تركيب الجهاز العصبي ٢٠٩
- اعضاء الحس ٢٢١

الفصل العاشر : **الغـــدد الصـــماء** ٢٣٥
- نظام الغدد الصماء ٢٣٥
- الغدة النخامية وتحت المهاد (الهيبوثلاماس) ٢٤٣
- الغدة الدرقية ٢٥٨
- غدة الأدرينال (الجاركلوية) ٢٦٢
- هرمونات الغدد الجنسية ٢٧٠
- هرمونات البنكرياس ٢٧٦
- التنظيم الهرموني لتمثيل الكالسيوم ٢٨٠
- هرمونات الجهاز الهضمي ٢٨٥
- المواد شبه الهرمونية ٢٨٧

الفصل الحادي عشر : **الاقلمة للظروف البيئية** ٢٩١
- ميكانيكيات ثبات الوسط الداخلي ٢٩٢
- مناخ العالم ٢٩٤
- مقاييس استجابة الحيوانات الزراعية للمناخ ٢٩٥
- الاستجابات الفسيولوجية للجو الحار ٣٠٠
- الاستجابات الفسيولوجية للجو البارد ٣٠٦

الفصل الثاني عشر : **التكاثـــــر** ٣٠٩
- الجهاز التناسلي الذكري ٣٠٩
- الجهاز التناسلي الانثوي ٣١٤
- الهرمونات والتناسل ٣١٨
- تكوين الجاميطات (خلايا التكاثر) ٣٢١
- الدورة التناسلية ٣٢٣
- تشخيص الحمل ٣٣٦
- الولادة ٣٣٩
- العقم ٣٤٢

الفصل الثالث عشر : **التلقيح الصناعي** ٣٤٩
ـ مزايا التلقيح الصناعي ٣٤٩
ـ مكونات السائل المنوي ٣٥١
ـ جمع السائل المنوي ٣٥٢
ـ فحص السائل المنوي ٣٥٩
ـ تخفيف السائل المنوي ٣٦٤
ـ حفظ السائل المنوي ٣٦٩
ـ حقن السائل المنوي (التلقيح) ٣٧١

الفصل الرابع عشر : **الغدة اللبنية وافراز اللبن** ٣٧٥
ـ تركيب الغدة اللبنية ٣٧٥
ـ افراز واخراج اللبن ٣٨٤
ـ التنظيم الهرموني العصبي لانتاج اللبن ٤٠١

الفصل الخامس عشر : **النمو** ٤٠٧
ـ مقاييس النمو ٤٠٧
ـ مراحل النمو ٤١٢
ـ العوامل المؤثرة على النمو ٤١٧

المراجع ٤٣١

أمر الإيـداع : ١٩٩٢/٢٧٨٢
الترقيم الدولى : I.S.B.N.
977-03-0094-2

طباعـة تكنوتكـس فن الجرافيـــــك
ت : ٥٨٧٤٧٤٩ ـ ٥٨٧٢٤٠٩ إسكندرية

هـذا الكتـاب

يشرح وظائف اعضاء واجهزة جسم الحيوان مثل الجهاز العصبى والـــدورى والهضمـى والتنـــاسلى وغيره ، مع الأهتمام بتوضيح الـوظائف الانتـاجية للحيـوان مثل النمو وانتاج اللبن والتناسل والاقلمـة وهى وظائف قد لايقوم بها عضو بمفرده وتتـأثر بكثير من العوامل البيئية . بـالاضافة لـذلك القـى الضـوء على بعض الامـراض التـى قـد تصيب الحيوان كنتيجة لبعض الاضطرابـات الفسيولوجية . وزود الكتاب بعدد كاف من المراجع للمواضيع المرتبطة .

وبهذا يكون الكتـاب مفيدا للطلبة الـذين يدرسـون علوم الانتاج الحيـوانى والطب البيطـرى والحيوان العام وكـذلك للمهتمين بـالارشـاد الـزراعى وبتربيـة ورعـايـة وتحسين حيوانات المزرعة .